



**TUGAS AKHIR - TF 141581**

**ANALISA PERFORMANSI DAN MONITORING  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
DI DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTI-ITS**

**RUSDAN MUTTAQIN  
NRP 2414.106.012**

**Dosen Pembimbing :  
Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.  
Hendra Cordova, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**





FINAL PROJECT - TF 141581

***PERFORMANCE ANALYSIS AND  
MONITORING SOLAR POWER PLANT  
IN THE DEPARTMENT OF PHYSICS FTI-ITS***

RUSDAN MUTTAQIN  
NRP 2414.106.012

*Advisor Lecturer :*  
Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.  
Hendra Cordova, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017



## **PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rusdan Muttaqin  
NRP : 2414106012  
Departemen : Teknik Fisika FTI – ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **“ANALISA PERFORMANSI DAN MONITORING PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTI-ITS”** adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, Juli 2017



Rusdan Muttaqin

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISA PERFORMANSI DAN *MONITORING***  
**PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA**  
**DI DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTI-ITS**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**Rusdan Muttaqin**  
**NRP : 2414.106.012**

Surabaya, Juli 2017  
Mengetahui / Menyetujui,

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



**Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.**  
**NIP. 19761223 200501 1001**



**Hendra Cordova, S.T., M.T.**  
**NIP. 19690530 199412 1 001**

**Ketua Departemen**  
**Teknik Fisika FTI – ITS**



**Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.**  
**NIP. 19780902 200312 1 002**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**LEMBAR PENGESAHAN  
ANALISA PERFORMANSI DAN *MONITORING*  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
DI DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTI-ITS**

**TUGAS AKHIR**



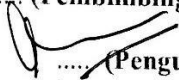

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi S-1 Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**Rusdan Muttagin**

**NRP : 2414.106.012**

**Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :**

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1. Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.  |  ..... (Pembimbing I)  |
| 2. Hendra Cordova, S.T., M.T.     |  ..... (Pembimbing II) |
| 3. Gunawan Nugroho, S.T., Ph.D.   |  ..... (Penguji I)     |
| 4. Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. |  ..... (Penguji II)   |

**SURABAYA  
JULI 2017**

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

**ANALISA PERFORMANSI DAN *MONITORING*  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI  
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTI-ITS**

**NAMA** : Rusdan Muttaqin  
**NRP** : 2414.106.012  
**DEPARTEMEN** : TEKNIK FISIKA, FTI-ITS  
**DOSEN PEMBIMBING** : Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.  
Hendra Cordova, S.T., M.T.

**ABSTRAK**

Kebutuhan dan ketersediaan energi terbarukan saat ini menjadikan energi surya menjadi pilihan yang tepat karena kelebihan yang dimiliki dan pengaplikasian yang mudah dibanding energi terbarukan yang lain. *Monitoring* terhadap parameter keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) perlu dilakukan untuk menilai performansi dan efisiensi dari sebuah PLTS pada kondisi lingkungan yang nyata. Penelitian ini bertujuan memberikan suatu teknik *monitoring* secara langsung dan *real time* terhadap parameter keluaran dari sebuah PLTS di Departemen Teknik Fisika, FTI-ITS. Perancangan sistem monitoring berbasis mikrokontroler ATmega32 yang terintegrasi dengan Raspberry-pi sebagai sistem akuisisi data. Data pembacaan parameter keluaran PLTS yang tersimpan dalam memori dapat diunduh sewaktu-waktu. Dari analisa hasil monitoring dapat diketahui efisiensi *photovoltaic array* sebesar 10.78%. Efisiensi total sistem PLTS didapatkan sebesar 6.77% .

**Kata Kunci** : energi surya, plts, *monitoring*, performansi

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERFORMANCE ANALYSIS AND MONITORING  
SOLAR POWER PLANT  
IN THE DEPARTMENT OF PHYSICS FTI-ITS**

**NAME** : Rusdan Muttaqin  
**NRP** : 2414.106.012  
**DEPARTEMENT** : ENGINEERING PHYSICS, FTI-ITS  
**SUPERVISOR** : Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.  
Hendra Cordova, S.T., M.T.

**ABSTRACT**

*Needs and the availability of renewable energy so far is to make solar energy is the right choice because of the advantages and application is easy compared to other renewable energy. Monitoring the output parameter Solar Power Plant (SPP) is needed to assess the performance and efficiency of a solar power in real environmental conditions. This study aims to provide a monitoring technique directly and in real time to the output parameters of a PLTS in the Department of Engineering Physics, FTI-ITS. Atmega32 microcontroller-based monitoring system design that integrates with Raspberry-pi as a data acquisition system. Data readings SPP output parameters stored in the memory, can be downloaded at any time From the analysis of monitoring results can be known the efficiency of photovoltaic array of 10.78%. The total efficiency of the PLTS system is 6.77%.*

**Keywords** : solar energy, solar power plant, monitoring, performance

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## **KATA PENGANTAR**

*Assalamu'alaikum Wr.Wb*

Puji syukur penulis kepada Allah SWT, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir yang berjudul :

### **“ANALISA PERFORMANSI DAN *MONITORING* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTI-ITS”**

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D selaku ketua Departemen Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir ini, yang selalu memberikan semangat, nasehat dan juga motivasi.
3. Bapak Hendra Cordova, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir ini dan selaku dosen wali yang selalu memberikan semangat, nasehat dan juga motivasi.
4. Bapak Gunawan Nugroho, S.T., Ph.D., selaku kepala Laboratorium Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan Teknik Fisika-ITS.
5. Segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di Departemen Teknik Fisika - ITS.

6. Kedua orangtua yang selalu memberikan support, nasihat dan motivasi kepada penulis.
7. Adam, Riyan dan Okky selaku partner dalam mengerjakan tugas akhir ini yang selalu memberikan masukan dan semangat.
8. Teman-teman LJ Genap 2014 Teknik Fisika dan D3 Elektronika A 2011 PENS yang tidak hentinya memberikan semangat.
9. Teman-teman Kosketis52, cangkrukan yang selalu mendukung dan membantu.
10. Segenap keluarga penulis yang telah memberikan dukungan penuh terhadap penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
<b>BAB II TEORI PENUNJANG.....</b>	<b>5</b>
2.1 Potensi Energi Surya .....	5
2.2 Energi Surya Photovoltaic.....	8
2.3 Komponen PLTS.....	11
2.3.1 Modul Sel Surya.....	11
2.3.2 Inverter .....	14
2.3.3 Solar Charge Controller .....	15
2.3.4 Battery.....	16
2.4 Monitoring.....	17
2.5 Performansi .....	17
2.5.1 Efisiensi Photovoltaic .....	17
2.5.2 Efisiensi Baterai .....	18
2.5.3 Efisiensi Solar Charge Controller .....	18
2.5.4 Efisiensi Inverter .....	19
2.5.5 Efisiensi Total .....	19
2.7 Karakteristik Alat Ukur .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Perumusan Masalah .....	22
3.2 Studi Literatur .....	22

3.3	Sistem PLTS di Departemen Teknik Fisika .....	22
3.4	Perancangan dan Pembuatan Hardware dan Software..	23
3.5	Pengambilan Data Karakteristik Dan Kalibrasi Alat Ukur	32
3.6	Pengujian Sistem Pengukuran .....	32
3.7	Pengambilan data PLTS .....	33
3.8	Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan .....	33
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>35</b>
4.1.	Hasil Pengujian Perancangan Hardware .....	35
4.1.1	Hasil Pengujian Tegangan Output dari Mikrokontroller.....	35
4.1.2	Hasil Pengujian Alat Pengukur Tegangan ....	36
4.1.3	Hasil Pengujian Alat Pengukur Arus .....	42
4.1.4	Hasil Pengujian Interfacing Mikrokontroller - LCD	45
4.2.	Pengolahan Data dari Datalogger dan Data Cuaca.....	48
4.3.	Analisa Data Hasil Monitoring.....	52
4.3.1	Analisa Pengaruh Irradiance terhadap output Photovoltaic Array (PV Output) .....	52
4.3.2	Analisa Pengaruh Suhu Permukaan Photovoltaic Array Terhadap Efisiensi Photovoltaic Array	54
4.3.3	Analisa Pengaruh Suhu Lingkungan Array Photovoltaic terhadap Efisiensi Array Photovoltaic .....	55
4.4.	Performansi Photovoltaic .....	56
4.5.	Performansi Inverter.....	58
4.6.	Performansi Baterai.....	60
4.7.	Performansi Solar Charge Controller .....	60
4.8.	Performansi Sistem PLTS .....	61
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>63</b>
5.1	Kesimpulan.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Intensitas Radiasi Matahari Indonesia.....	6
Gambar 2.2 Grafik Energi Radiasi Matahari di Surabaya. <sup>[1]</sup> ..	7
Gambar 2.3 Data Pengukuran Radiasi Matahari di Pesisir Pantai Kenjeran <sup>[1]</sup> .....	8
Gambar 2.4 Kurva karakteristik I-V sel surya pada STC.....	10
Gambar 2.5 Pengaruh radiasi matahari pada kurva I-V .....	10
Gambar 2.6 Pengaruh radiasi matahari pada kurva P-V .....	11
Gambar 2.7 Rangkaian Ekvivalen Photovoltaic Tanpa $R_p$ <sup>[1]</sup>	12
Gambar 2.8 Pemasangan Seri – Paralel Photovoltaic <sup>[1]</sup> .....	13
Gambar 2.9 Kurva I-V : (a) Pemasangan Paralel, (b) Pemasangan Seri, dan (c) Pemasangan Seri- Paralel <sup>[1]</sup> .....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir .....	21
Gambar 3.2 Blok Diagram PLTS.....	22
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Pengukuran .....	23
Gambar 3.4 Rangkaian Voltage Divider .....	24
Gambar 3.5 Rangkaian sensor tegangan (voltage divider) ...	25
Gambar 3.6 Konfigurasi Pin ACS712.....	26
Gambar 3.7 Sensor arus ACS712 .....	27
Gambar 3.8 Diagram Blok Interfacing Mikrokontroller .....	27
Gambar 3.9 Mikrokontroller Atmega32 .....	28
Gambar 3.10 Realisasi Alat .....	29
Gambar 3.11 Flowchart Pemrograman .....	31
Gambar 4.1 Pengujian Tegangan Output dari Mikrokontroller .....	36
Gambar 4.2 Perbandingan Pembacaan Standar dengan Pembacaan Alat .....	37
Gambar 4.3 Uji Alat Ukur Tegangan .....	38
Gambar 4.4 Perbandingan Pembacaan Standar dan Pembacaan Alat .....	39
Gambar 4.5 Pengujian Sensor Arus ACS712 .....	43
Gambar 4.6 Grafik perbandingan V dengan I saat dibebani 10 Ohm dan 20 Ohm.....	44

Gambar 4.7 Grafik tegangan keluaran sensor terhadap arus yang terukur .....	45
Gambar 4.8 Tampilan awal menu .....	45
Gambar 4.9 Tampilan set delay time .....	46
Gambar 4.10 Tampilan menu.....	46
Gambar 4.11 Foto realisasi alat.....	47
Gambar 4.12 Grafik Monitoring Irradiance .....	48
Gambar 4.13 Grafik Monitoring Solar Input .....	49
Gambar 4.14 Grafik monitoring PV output .....	50
Gambar 4.15 Grafik Monitoring Tegangan Battery .....	51
Gambar 4.16 Neraca beban PLTS.....	52
Gambar 4.17 Grafik perbandingan daya Irradiance dan .....	53
Gambar 4.18 Grafik perbandingan efisiensi PV dengan.....	54
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan efisiensi array photovoltaic dengan suhu lingkungan .....	56
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Daya Solar Input .....	57
Gambar 4.21 Perbandingan PV output dan Load Consumption .....	58
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Daya Load dengan Efisiensi Inverter.....	59
Gambar 4.23 Diagram Sankey Hasil Analisa .....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rata-rata Intensitas Radiasi Matahari Tahunan <sup>[1]</sup> ....	8
Tabel 2.2 Tabel Spesifikasi Panel Surya <sup>[1]</sup> .....	14
Tabel 2.3 Tabel Spesifikasi Inverter <sup>[1]</sup> .....	15
Tabel 2.4 Tabel Spesifikasi Solar Charge Controller <sup>[1]</sup> .....	15
Tabel 2.5 Tabel Spesifikasi Battery <sup>[1]</sup> .....	16
Tabel 4.1 Data pengujian sensor ukur tegangan ( <i>voltage divider</i> ) dengan rasio 1:5. ....	38
Tabel 4.2 Data pengujian sensor ukur tegangan ( <i>voltage divider</i> ) dengan rasio 1:30 .....	40
Tabel 4.3 Data pengujian sensor ACS712 dengan variasi beban yang berbeda. ....	44
Tabel 4.4 Spesifikasi Sensor Arus ACS712 .....	45

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## DAFTAR SIMBOL

$P_{in}$  = daya input (watt)

$P_{out}$  = daya output (watt)

$I_r$  = irradiance (watt/m<sup>2</sup>)

$V$  = tegangan (volt)

$I$  = arus (ampere)

$R_s$  = resistansi seri (ohm)

$R_p$  = resistansi paralel (ohm)

$A$  = luasan (m<sup>2</sup>)

$\eta_{PLTS}$  = efisiensi PLTS

$\eta_{MPPT}$  = efisiensi solar charge controller

$\eta_{Ah}$  = efisiensi baterai

$\eta_{PV}$  = efisiensi photovoltaic

$\eta_{INV}$  = efisiensi inverter

$C_d$  = kapasitas discharging baterai

$C_c$  = kapasitas charging baterai

$t$  = waktu

***Halaman ini sengaja dikosongkan***



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada kehidupan modern ini, ketergantungan masyarakat akan sumber energi terutama energi listrik sama halnya seperti kebutuhan pokok manusia lainnya. Pemenuhan kebutuhan energi listrik saat ini masih didominasi dari sumber-sumber energi fosil yang tidak baru dan terbarukan. Sedangkan peraturan saat ini mengharuskan untuk mereduksi emisi karbon dioksida dan gas-gas efek rumah kaca, oleh karena itu perluasan dalam penggunaan energi baru terbarukan diwajibkan <sup>[1]</sup>. Krisis energi dunia dan tingginya harga sumber energi (minyak) menyebabkan inovasi dalam pemanfaatan sumber energi alternatif murah yang ramah lingkungan seperti energi surya. Kesadaran masyarakat yang ditunjang dengan kondisi geografis Indonesia yang terletak di khatulistiwa menciptakan perkembangan dalam pembangunan maupun inovasi teknologi yang berhubungan dengan energi surya, salah satunya PLTS.

Komponen utama sebuah PLTS adalah *solar cell* (PV) yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik. Perkembangan teknologi PV terus mengalami kemajuan, namun tidak untuk teknologi optimasi, *monitoring* dan managemennya, sehingga tidak heran jika terdapat PLTS yang mengalami degradasi efisiensi bahkan kehilangan kemampuan konversinya karena kelalaian pemiliknya. *Monitoring* secara berkala sangat diperlukan untuk mengetahui performansi dari PLTS dari waktu ke waktu, mengingat efisiensi PV sangat dipengaruhi oleh irradiansi matahari dan kondisi dari PLTS itu sendiri. Optimasi pembangkitan tenaga sebuah PLTS dapat dilakukan dengan mengevaluasi performa parameter-parameter dari PV, seperti *fill factor*, *Voc*, *Isc* dan *max-power*nya. Sebuah PLTS dirancang untuk pemakaian

waktu lama karena memang investasi untuk itu tidaklah murah, oleh karena itu penting untuk mengetahui karakteristik I-V dari PLTS untuk merencanakan tindakan preventif agar PLTS tetap bekerja optimal.

Pentingnya sebuah *monitoring* menimbulkan banyak gagasan untuk membuat proses *monitoring* menjadi lebih mudah, murah dan tidak membuang banyak waktu. Salah satunya adalah merancang sebuah sistem akuisisi data untuk melacak arus dan tegangan serta karakteristiknya selama pengoperasian. Pembacaan pengukuran yang cepat membuat pengukuran performansi bisa sangat akurat. Sistem ini dapat menampilkan data karakteristik sebuah PV pada sebuah *display* dengan menggunakan mikrokontroller dan raspberry pi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang ada dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem monitoring pada PLTS di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS
2. Bagaimana mengetahui performansi dari PLTS di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS.

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian ini didapatkan tujuan utama yaitu :

1. Melakukan monitoring PLTS di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS
2. Melakukan analisa performansi pada PLTS di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. PLTS yang akan dimonitoring yaitu yang terdapat pada Departemen Teknik Fisika FTI-ITS.

2. Sistem monitoring menggunakan mikrokontroller – raspberry pi dengan *interface* LCD.
3. Performansi yang dianalisa adalah performansi dari PV, *Solar Charge Controller*, Baterai dan *Inverter*.

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

#### **2.1 Potensi Energi Surya**

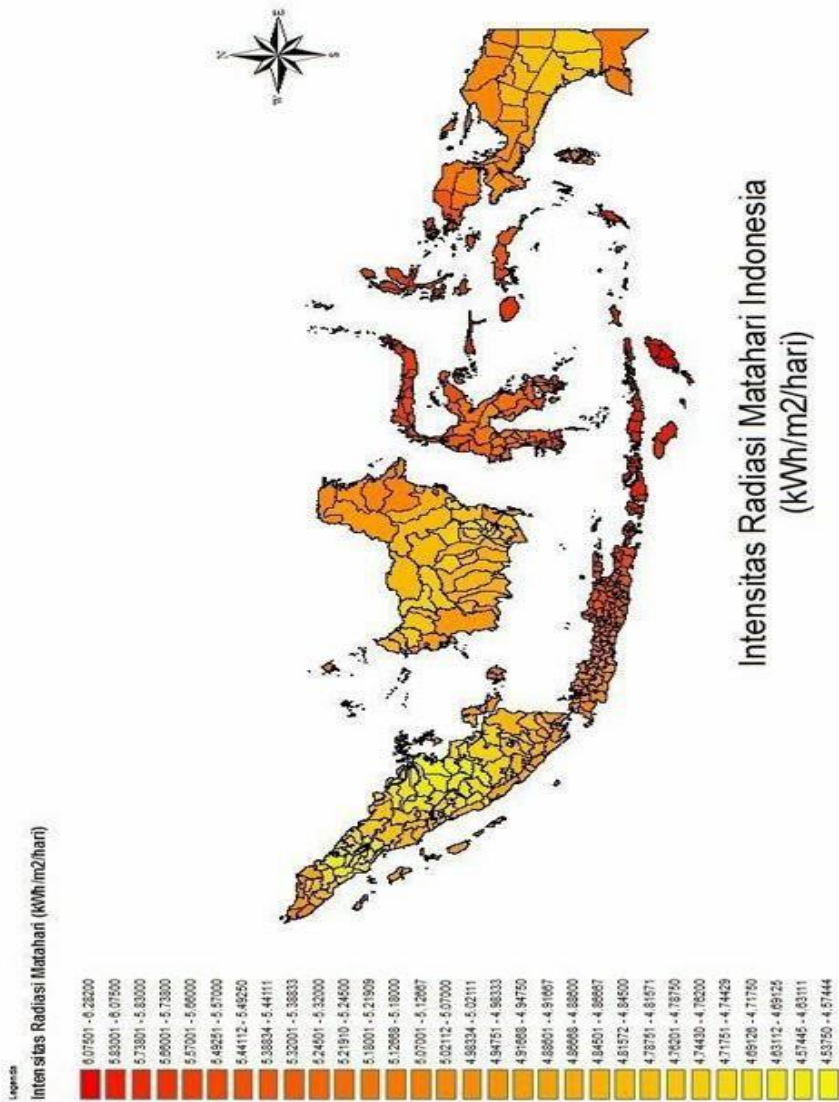
Secara keseluruhan, Indonesia memiliki potensi energi matahari yang melimpah seperti yang telah dinyatakan oleh kementerian ESDM melalui pemetaan intensitas radiasi matahari di Indonesia seperti pada gambar peta intensitas radiasi matahari di Indonesia yang terdapat pada gambar 2.1.

Dari gambar peta intensitas radiasi tersebut menunjukkan bahwa Indonesia memiliki keuntungan secara geografis karena terletak di daerah katulistiwa yang mana menerima energi matahari dengan intensitas radiasi dan kontinuitas yang lebih tinggi dibandingkan daerah lain yaitu sebesar  $4,66 - 5,34 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ .<sup>[1]</sup>

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia menunjukkan bahwa radiasi matahari di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran :

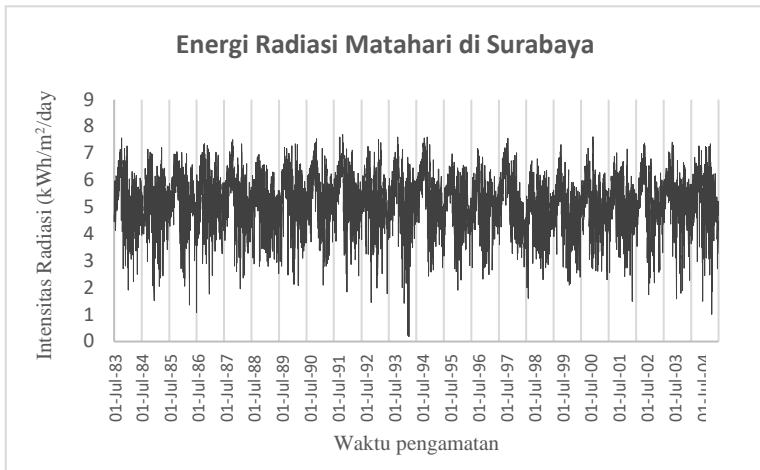
- Kawasan Barat Indonesia (KBI) =  $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ , dengan variasi bulanan sekitar 10%
- Kawasan Timur Indonesia (KTI) =  $5,1 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ , dengan variasi bulanan sekitar 9%

Data tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan radiasi matahari di KTI lebih tinggi dan lebih merata sepanjang tahun bila dibandingkan dengan KBI.



Gambar 2.1 Peta Intensitas Radiasi Matahari Indonesia

Surabaya yang merupakan bagian dari kawasan timur Indonesia, memiliki potensi radiasi matahari yang baik dan stabil. Menurut pengamatan oleh Stasiun Meteorologi dan Energi Matahari NASA per hari, didapatkan rata-rata intensitas radiasi matahari di Surabaya dari tanggal 1 Juli 1983 hingga 30 Juni 2005 adalah sebesar 5,17 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan fluktuasi yang dapat ditunjukkan pada grafik berikut.<sup>[1]</sup>



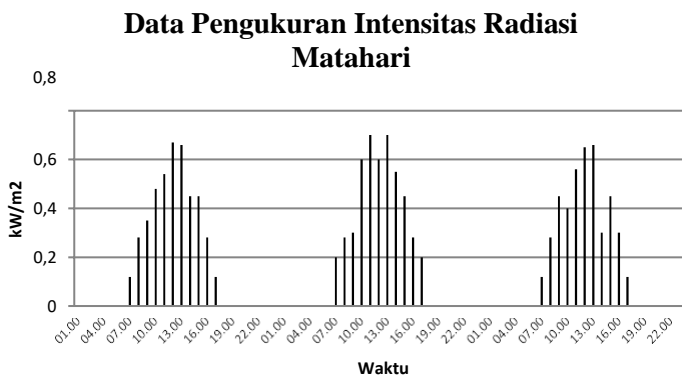
**Gambar 2.2** Grafik Energi Radiasi Matahari di Surabaya.<sup>[1]</sup>

Berdasarkan nilai rata-rata energi matahari, kota Surabaya memiliki nilai intensitas matahari rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata di Jawa Timur. Hal ini menunjukkan bahwa Surabaya merupakan salah satu kota yang memiliki potensi energi matahari yang baik di Jawa Timur. Di sisi lain, grafik diatas menunjukkan bahwa energi radiasi matahari di Surabaya selama pengamatan pada tanggal 1 Juli 1983 hingga 30 Juni 2005 cenderung stabil. Nilai rata-rata intensitas radiasi tahunan dalam kurun waktu tersebut ditunjukkan dalam tabel 2.1 berikut ini

**Tabel 2.1** Rata-rata Intensitas Radiasi Matahari Tahunan<sup>[1]</sup>

Bulan	kWh/m <sup>2</sup> .day
Jan	4.75
Feb	4.95
Mar	4.9
Apr	5.3
May	5.1
Jun	4.7
Jul	4.75
Aug	5.05
Sep	5.8
Oct	5.95
Nov	5.75
Dec	5.05

Verifikasi pengukuran dilakukan selama tiga hari (3-6 Juni 2015) di wilayah pantai Kenjeran Surabaya. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam grafik pada gambar 2.3. Rata-rata hasil pengukuran menunjukkan nilai sebesar 4.9 kWh/m<sup>2</sup>.day.<sup>[1]</sup>

**Gambar 2.3** Data Pengukuran Radiasi Matahari di Pesisir Pantai Kenjeran<sup>[1]</sup>

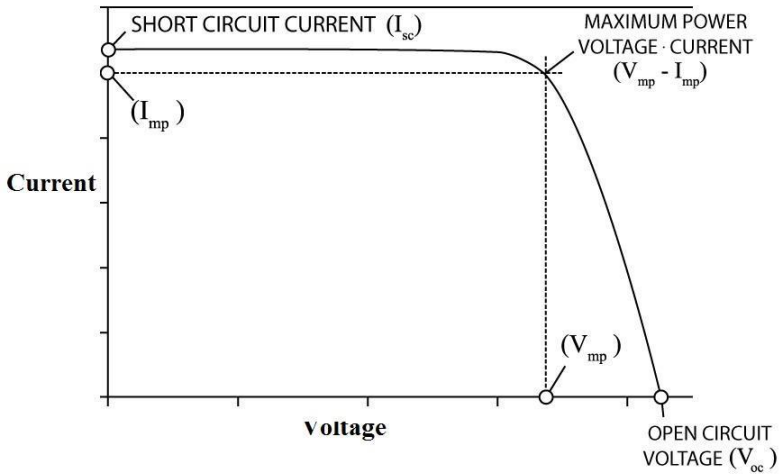
## 2.2 Energi Surya Photovoltaic

Sel *Photovoltaic* merupakan sebuah semikonduktor yang terdiri dari diode p-n junction, dimana ketika terkena cahaya



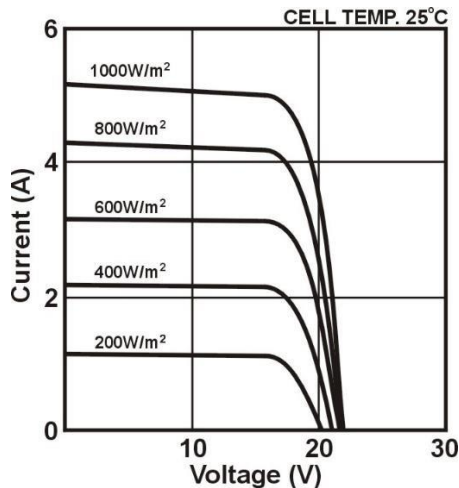
matahari akan menciptakan energi listrik yang mampu dimanfaatkan, perubahan energi ini disebut efek fotoelektrik. Sel surya sudah banyak diaplikasikan, terutama untuk wilayah atau daerah yang terpencil, yang tidak tersedia tenaga listrik dari grid, seperti satelit pengorbit (bumi), kalkulator genggam, pompa air, dll. Pemasangan sel surya yang berbentuk modul / panel surya dapat dipasang di atap gedung yang kemudian disambungkan di inverter untuk mengubah tegangan dari PV yang berbentuk DC menjadi tegangan AC untuk kebutuhan rumah yang bisa dikombinasikan ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering. Karakteristik panel *photovoltaic*, kapasitas daya dari sel atau modul surya dilambangkan dalam *watt peak* (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian Internasional yaitu *Standard Test Condition* (STC). Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinar matahari sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$  yang tegak lurus sel surya pada suhu  $25^\circ\text{C}$ .

Modul photovoltaic memiliki hubungan antara arus dan tegangan yang diwakili dalam kurva I-V. Pada saat tahanan variable bernilai tak terhingga (*open circuit*) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ). Pada keadaan yang lain, ketika tahanan variable bernilai nol (*short circuit*) maka arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ). Jika tahanan variable memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus (I) dan tegangan (V) akan diperoleh nilai yang bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar 2.4, dikenal sebagai kurva karakteristik I-V pada sel surya.

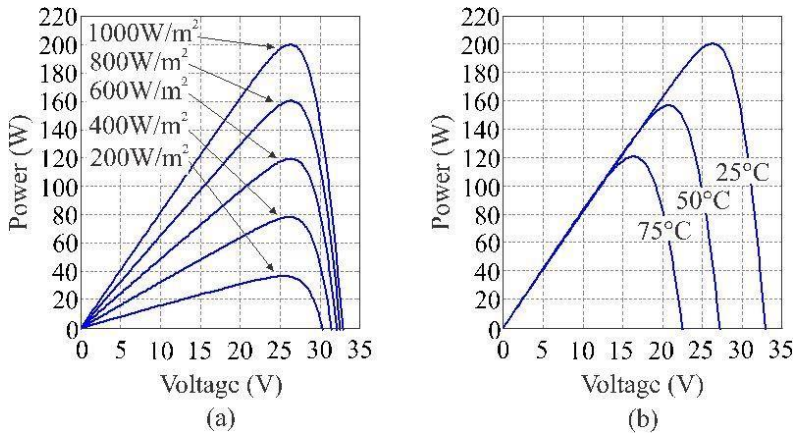


**Gambar 2.4** Kurva karakteristik I-V sel surya pada STC

Radiasi sinar matahari akan mempengaruhi arus yang dihasilkan oleh sel surya. Semakin tinggi radiasi matahari maka semakin tinggi pula arus yang dihasilkan.



**Gambar 2.5** Pengaruh radiasi matahari pada kurva I-V



**Gambar 2.6** Pengaruh radiasi matahari pada kurva P-V

Gambar 2.5 dan gambar 2.6 menunjukkan pengaruh radiasi matahari pada modul photovoltaic yang berisi 36 sel mono crystalline. Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar intensitas radiasi matahari (mendekati 1000  $W/m^2$ ) maka daya yang dihasilkan oleh sel surya juga akan mendekati maksimal. Semakin kecil intensitas radiasi matahari maka daya yang dihasilkan oleh sel surya semakin kecil.

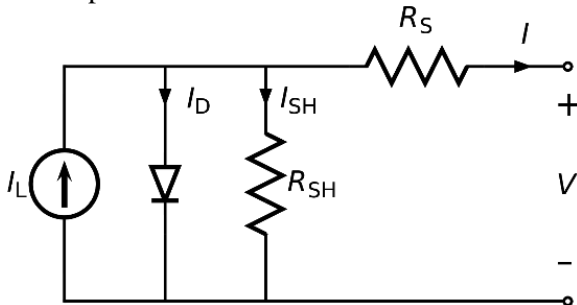
## 2.3 Komponen PLTS

Pada PLTS di Departemen Teknik Fisika ITS ini memiliki komponen-komponen penyusun sebagai berikut :

### 2.3.1 Modul Sel Surya

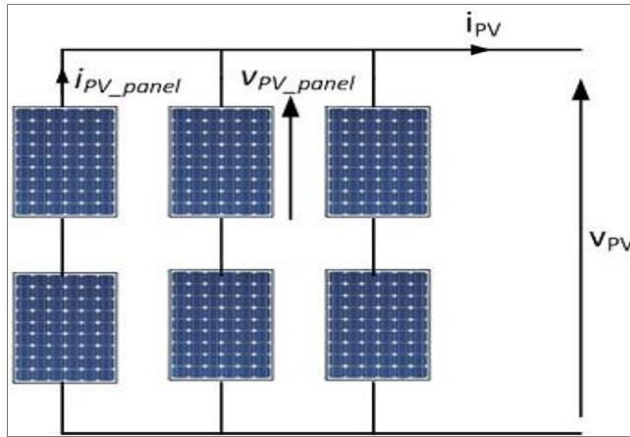
*Photovoltaic* dapat dimodelkan menjadi rangkaian ekivalen seperti gambar 2.7. Jika *photovoltaic* ideal, maka cukup dimodelkan dengan sumber arus yang parallel dengan dioda. Tetapi, pada kenyataannya tidak ada *photovoltaic* yang ideal di dunia nyata, maka ditambahkan resistansi seri ( $R_s$ ) dan resistansi parallel ( $R_p$ ) sebagai representasi *losses* pada *photovoltaic*.  $R_s$  merepresentasikan resistansi dari material semikonduktor dan  $R_p$  merepresentasikan rugi-rugi yang disebabkan oleh arus bocor yang

menembus melalui lintasan resistif paralel ke peralatan.  $R_s$  memiliki nilai resistansi yang sangat kecil, sedangkan  $R_p$  memiliki nilai resistansi yang sangat tinggi. Karena nilai  $R_p$  yang sangat tinggi, maka dapat diabaikan.<sup>[1]</sup>

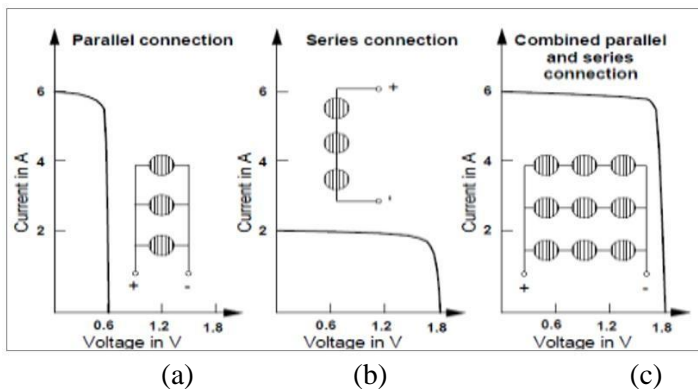


**Gambar 2.7** Rangkaian Ekivalen *Photovoltaic* Tanpa  $R_p$ <sup>[1]</sup>

Untuk meningkatkan *output* daya, sel *photovoltaic* digabungkan dalam paket yang disebut modul *photovoltaic*. Modul-modul ini kemudian dihubungkan secara serial dan/atau parallel satu sama lain, ke dalam apa yang disebut *array photovoltaic* untuk menciptakan tegangan yang diinginkan dan arus keluaran yang diperlukan. Ilustrasi penggambaran dari rangkaian seri parallel antara dua buah *photovoltaic* adalah seperti gambar 2.8. Pemasangan *photovoltaic* dengan menghubungkan secara seri akan meningkatkan besar nilai tegangan, sedangkan pemasangan secara parallel akan meningkatkan besar arus<sup>[1]</sup>. Kurva I-V *photovoltaic* dengan pasangan seri ataupun parallel dapat dilihat pada gambar 2.9.



**Gambar 2.8** Pemasangan Seri – Paralel *Photovoltaic*<sup>[1]</sup>



**Gambar 2.9** Kurva I-V : (a) Pemasangan Paralel, (b) Pemasangan Seri, dan (c) Pemasangan Seri-Paralel<sup>[1]</sup>

Daya yang dikeluarkan *photovoltaic* sangat terpengaruh oleh *temperature*. Kenaikan *temperature* pada *photovoltaic* dapat menyebabkan penurunan *rating photovoltaic*, atau yang biasa disebut *derating*. *Derating* mengurangi daya *output* yang seharusnya dikeluarkan *photovoltaic*.

**Tabel 2.2** Tabel Spesifikasi Panel Surya<sup>[1]</sup>

Daya nominal	230 wp
Arus max	7.82 A
Tegangan max	29.54 V
Arus <i>short circuit</i>	8.34 A
Tegangan <i>short circuit</i>	36.66 V
Efisiensi pv	14.13 %
Kondisi operasional normal	47±2°C
Tegangan sistem maksimal	1000 V
Toleransi performa	±2%
Range suhu	-40~85°C
<i>Temperature coefficient</i> (Voc)	-0.123 V/ °C
<i>Temperature coefficient</i> (Isc)	+0.05%/ °C
Tipe <i>solar cell</i>	<i>Polycrystalline</i>
Dimensi	1.651*986*46 mm
Socket	Plastic, IP65
Kabel	4 mm <sup>2</sup> <i>solar cable</i> , 1 meter

### 2.3.2 *Inverter*

*Solar inverter* yang digunakan adalah jenis *inverter* Victron Phoenix 1600 VA, dengan teknologi *hybrid inverter* menghasilkan gelombang sinus yang baik dan memiliki kinerja yang optimal serta lebih efisien. *Inverter* Victron Phoenix 1600 VA sering digunakan karena kemampuannya yang dapat beroperasi secara 3-fasa dan beroperasi secara paralel. Kelebihan lain dari *inverter* jenis ini adalah dapat melakukan *interface* dengan komputer karena semua model *inverter* memiliki port RS-485. Selain itu, *inverter* jenis ini juga menyediakan *software* untuk membantu *interface* dengan komputer yang bisa di *download* gratis di website Victron Energy. Sebuah *solar inverter* ideal mengonversi semua daya *input* DC menjadi daya *output* AC tanpa ada daya yang terbuang menjadi panas (*losses*).<sup>[1]</sup>

**Tabel 2.3** Tabel Spesifikasi *Inverter*<sup>[1]</sup>

Range tegangan input D7	9,5 – 17 V ; 19 – 33V ; 38 – 66V
Arus maksimal yang dapat di supply	100 A
Output	Tegangan Output: 230 VAC $\pm 2\%$ Frekuensi: 50 Hz $\pm 0,1\%$
Daya output kontinyu pada 25 °C	1600 VA / 1300 W
Daya output kontinyu pada 40 °C	1200 W
Daya Puncak	3000 W
Efisiensi Maksimum	94 %

### 2.3.3 Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* yang digunakan telah menggunakan fitur MPPT atau (*Maximum Power Point Tracking*) sehingga proses pengisian *battery* dari panel PV lebih optimal dibandingkan *charge controller* tanpa menggunakan MPPT. MPPT yaitu *Maximum Power Point Tracking*, dimana kontroller dapat mengoptimalkan daya yang dihasilkan oleh PV dalam berbagai kondisi awan, maksudnya adalah dengan iradiansi matahari yang tidak maksimal (tidak mencapai daya puncak) dapat dimaksimalkan untuk proses *charging battery* dengan daya yang diproduksi tersebut.<sup>[1]</sup>

**Tabel 2.4** Tabel Spesifikasi *Solar Charge Controller*<sup>[1]</sup>

Tegangan Output Maksimal	80 A secara kontinyu pada suhu lingkungan sampai dengan 45°C
Tegangan Baterai	12, 24, 36 dan 48 Vdc
Arus Input PV Maksimal	70 A
Range tegangan input	16 – 112 Vdc (140 Vdc tegangan <i>max open circuit</i> )
Daya PV array maksimal	5200 watt
Mode Charging baterai	<i>Bulk, Absorption, Float, Standby, Auto Equalization dan Manual Equalization</i>
Suhu Baterai	6 mV tiap °C tiap volt cell
Display	LCD
Daya saat <i>standby</i>	2 Watt
Fitur	MPPT

### 2.3.4 Battery

*Battery lead acid* salah satu jenis *battery* yang sering digunakan untuk menyimpan energi listrik. *Battery* jenis ini sering digunakan karena harga yang lebih murah dibandingkan dengan *battery* jenis lain. *Battery lead acid* dapat dikelompokkan menjadi *Liquid Vented* dan *Sealed* Proses penguapan atau evaporasi pada *battery* diatur oleh bagian yang disebut *valve* atau katup, maka dari itu disebut *valve regulated*. Dengan demikian *battery* jenis ini tidak memerlukan *maintenance*. *Battery* ini cocok untuk sistem *photovoltaic*, karena dapat *discharge* sejumlah arus listrik secara konstan dalam waktu yang lama sehingga disebut pula *battery deep cycle*. Umumnya *battery deep cycle* dapat *discharge* sampai dengan 80% kapasitas *battery*<sup>[1]</sup>.

Kapasitas *battery* diukur dari jumlah arus yang dapat disimpan ataupun dikeluarkan oleh *battery*. Satuan yang digunakan untuk menunjukkan kapasitas *battery* adalah *ampere-hours (Ah)*. Kapasitas dari sebuah *battery* bukan kuantitas yang konstan, namun tergantung pada jumlah arus yang masuk atau keluar. Oleh karena itu, pabrikan selalu memberikan kapasitas nominal beserta referensi arus *charge* atau *discharge* tertentu.

**Tabel 2.5** Tabel Spesifikasi *Battery*<sup>[1]</sup>

Tegangan ( <i>Nominal Voltage</i> )	12 V (6 cell per unit)
Kapasitas ( <i>Nominal Capacity</i> )	200 Ah @ 10hr-rate (to 1.80Vpc)
Jenis <i>Battery</i>	Duration Series VRLA Battery
<i>Max. charge current</i>	50 A
<i>Max. discharge current</i>	1000 A
<i>Short Circuit Current</i>	4000 A
<i>Self Discharge</i>	Approx. 3% per month @ 20°C
<i>Ambient Temperature</i>	Discharge : -20~60°C Charge : -20~60°C Storage : -20~45°C
<i>Float charging Voltage (20-25°C)</i>	13.6-13.8V (-3mV/cell / °C)
<i>Equalize and cycle use charge voltage (20-25°C)</i>	14.4-14.8V (-5mV/cell / °C)
Hambatan dalam ( <i>Internal Resistance</i> )	Approx. 0.003 Ohm (fully charged @ 20°C)



## 2.4 **Monitoring**

Menurut *Calyton* dan *Petry* (1983) definisi *monitoring* adalah suatu proses mengukur, mencatat, mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan informasi untuk membantu pengambilan keputusan dari manajemen program atau proyek. *Monitoring* dilakukan dengan memantau data pengukuran di setiap titik komponen penyusun PLTS seperti PV, *battery*, *inverter* maupun beban. Rangkaian sensor digunakan untuk mengambil data berupa arus, tegangan, *temperature* dan kelembaban titik yang perlu dipantau. Data dari sensor dikumpulkan lalu diolah oleh mikrokontroller, selanjutnya data-data tersebut beserta perhitungan ditampilkan dalam LCD.<sup>[2]</sup>

## 2.5 **Performansi**

Menurut Niven dalam bukunya *Balanced Step By Step Maximizing Performance and Maintenance Result* (2002) mendefinisikan performansi adalah alat yang digunakan untuk memastikan apakah kita berhasil mencapai tujuan dan bergerak maju menuju kesuksesan penerapan strategi kita.

Dengan demikian tujuan dari performansi yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses pengukuran terhadap aktifitas PLTS, hasil dari *monitoring* performansi ini adalah umpan balik yang memberikan informasi mengenai pencapaian aktifitas dari bagian-bagian PLTS yang memerlukan perencanaan dan kontrol.<sup>[2]</sup>

### 2.5.1 **Efisiensi Photovoltaic**

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang diterima (*input*), dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas PV modul dengan persamaan, (Muchammad, 2010).

$$P_n = I_r \times A \quad (2.1)$$

Dimana  $P_{in}$  adalah daya *input* (watt) akibat *irradiance* matahari,  $I_r$  adalah intensitas matahari ( $\text{watt/m}^2$ ) dan  $A$  adalah luasan area permukaan *photovoltaic* modul ( $\text{m}^2$ ).

Sedangkan untuk besarnya daya *output array* ( $P_{out}$ ) yaitu perkalian tegangan *output* ( $V_{out}$ ) dan arus *output* ( $I_{out}$ ) yang dihasilkan oleh *array Photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus :

$$P_{at} = V_{at} \times I_{at} \quad (2.2)$$

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dengan energi *input* yang diperoleh dari *irradiance* matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data. (Muchammad, 2010).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.3)$$

### 2.5.2 Efisiensi Baterai

Efisiensi baterai dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara kapasitas pengosongan (*discharging*) dan kapasitas pengisian (*charging*), sehingga dapat dirumuskan :

$$\eta_h = \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana  $\eta_{Ah}$  adalah efisiensi *ampere-hour*,  $C_d$  adalah kapasitas pengosongan dan  $C_c$  adalah kapasitas pengisian.

Hubungan matematis untuk kapasitas baterai dalam hal ini  $C_d$  dan  $C_c$  merupakan perkalian arus dan waktu.

$$C_d = I \times t \quad (\text{saat pengosongan})$$

$$C_c = I \times t \quad (\text{saat pengisian})$$

### 2.5.3 Efisiensi Solar Charge Controller

Efisiensi *solar charge controller* dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara daya yang masuk ke *solar charge controller*

dengan daya yang digunakan untuk pengisian baterai, sehingga dapat dirumuskan :

$$\eta_{mppt} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dimana  $\eta_{mppt}$  adalah efisiensi *solar charge controller*,  $P_{out}$  merupakan daya keluaran dari *solar charge controller* yang digunakan untuk pengisian baterai dan  $P_{in}$  adalah daya masukan *solar charge controller* dalam hal ini PV out.

#### 2.5.4 Efisiensi Inverter

Efisiensi *inverter* dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran *inverter* dan daya masukan *inverter*. Daya masukan *inverter* berupa daya DC sedangkan daya keluarannya adalah daya AC. Efisiensi *inverter* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta_w = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.6)$$

Dimana  $\eta_{inv}$  adalah efisiensi *inverter*,  $P_{out}$  adalah daya keluaran (AC) dan  $P_{in}$  adalah daya masukan (DC).

$P_{in}$  didapatkan dari daya yang berasal dari baterai yaitu daya DC yang masuk ke *inverter* yang pada saat itu digunakan untuk menghidupkan beban. Sedangkan  $P_{out}$  didapatkan dari daya yang digunakan oleh beban agar dapat bekerja.

#### 2.5.5 Efisiensi Total

Efisiensi total pada sistem PLTS merupakan gabungan dari masing-masing efisiensi komponen penyusun PLTS. Efisiensi total PLTS dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\eta_{TS} = \eta_p \cdot \eta_{MC} \cdot \eta_h \cdot \eta_v \quad (2.7)$$

Efisiensi dari PLTS sendiri sangat dipengaruhi oleh komponen penyusunnya. Apabila salah satu komponen

penyusunnya sendiri mengalami penurunan performansi, maka efisiensi dari PLTS akan menurun sehingga mengakibatkan produksi dari listrik akan menurun.

## 2.7 Karakteristik Alat Ukur

Setiap Instrumen ukur mempunyai karakteristik yang melekat padanya. Karakteristik instrumen merupakan hubungan antara *output* sebuah elemen (*instrument*) dengan *input*nya ketika *input*nya konstan maupun berubah perlahan. Karakteristik statis tidak bergantung pada waktu. Yang termasuk dalam karakteristik adalah *range*, *span*, resolusi, akurasi, *error*.

a. *Range*

*Range* adalah nilai minimum hingga maksimum suatu elemen. *Range* terdiri dari *range input* dan *output*.

b. *Span*

*Span* merupakan selisih nilai maksimum dengan nilai minimum. *Span* terdiri dari *span input* dan *span output*..

c. Resolusi

Resolusi merupakan perubahan terbesar dari *input* yang dapat terjadi tanpa adanya perubahan pada *output*. Suatu alat ukur dapat dikatakan mempunyai resolusi tinggi saat mampu mengukur dengan ketelitian yang lebih kecil.

d. Akurasi

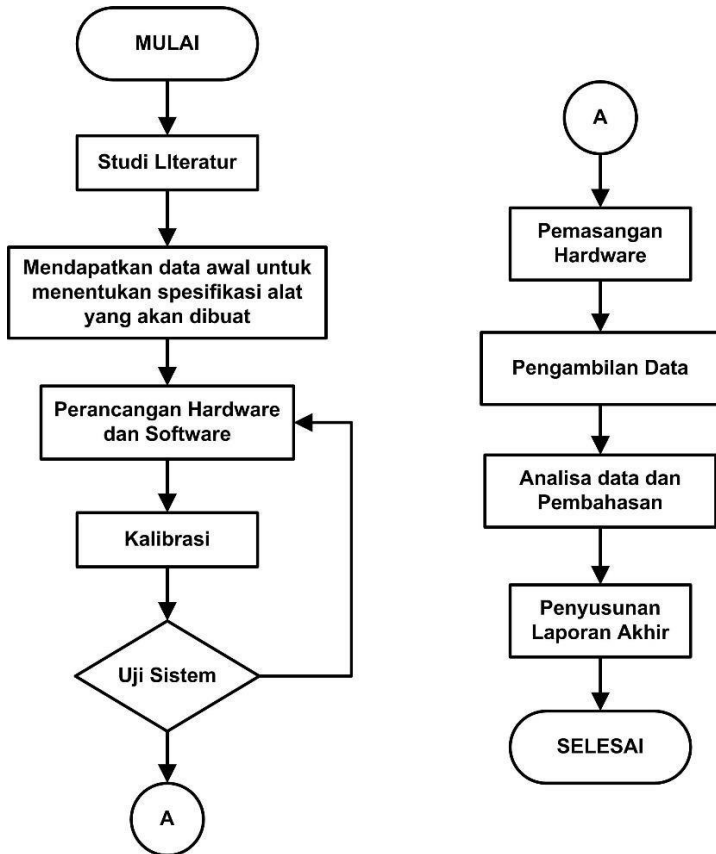
Akurasi merupakan ketepatan alat ukur untuk memberikan nilai pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya. Karena pada eksperimen nilai sebenarnya tidak pernah diketahui oleh sebab itu diganti dengan suatu nilai standar yang diakui secara konvensional.

e. *Error*

*Error* adalah selisih dari pembacaan alat ukur dengan alat ukur yang dianggap standart. Nilai *error* ini berupa persentase selisih dengan nilai standar.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang harus dikerjakan sesuai dengan diagram alir yang ada seperti gambar dibawah ini :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Tugas Akhir

### 3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pengerjaan tugas akhir. Perumusan masalah bertujuan menentukan permasalahan yang diangkat yaitu mengenai memonitoring dan mengetahui performasi dari PLTS di Departemen Teknik Fisika.

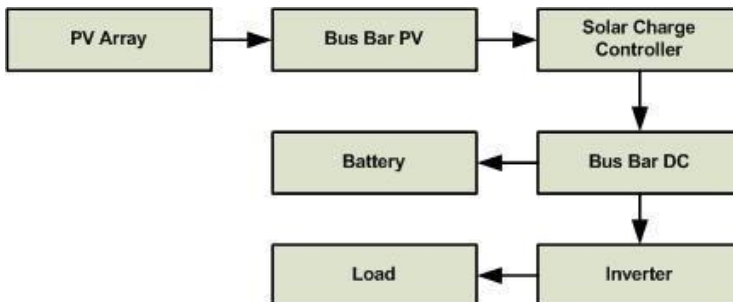
### 3.2 Studi Literatur

Studi literature merupakan proses pembelajaran tentang berbagai literatur baik dari jurnal, buku dan internet yang berfungsi untuk menunjang dalam pembuatan system *monitoring* dan analisa performansi PLTS.

### 3.3 Sistem PLTS di Departemen Teknik Fisika

PLTS di Departemen Teknik Fisika dikembangkan sebagai sistem yang dapat mensupply energi listrik yang berasal dari energi matahari sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan, salah satunya penerangan.

Dibawah ini digambarkan blok diagram sistem PLTS yang dibangun di Departemen Teknik Fisika :



**Gambar 3.2** Blok Diagram PLTS

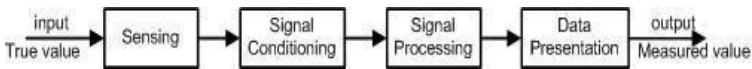
*Output* PV array berupa tegangan DC masuk kedalam *Solar Charge Controller* untuk mengoptimalkan *charging* dari daya yang dibangkitkan PV. *Output* dari *Solar Charge Controller* digunakan untuk *charging battery*, yang menghubungkan antara

*battery* dan *inverter*. *Inverter* berfungsi untuk mengubah arus DC ke arus AC sehingga dapat digunakan beban.

### 3.4 Perancangan dan Pembuatan *Hardware* dan *Software*

Dalam merancang sebuah sistem pembacaan parameter arus dan tegangan pada PLTS diperlukan data-data awal berupa range nilai maksimal dan minimal dari arus dan tegangan yang akan dibaca oleh alat yang dibuat. Data awal tersebut berfungsi untuk menentukan spesifikasi dari sensor dan komponen yang akan digunakan sehingga lebih efisien.

Pada proses pembuatan *hardware* dan *software* ini terdapat beberapa tahapan yang dilalui, yaitu pembuatan rangkaian sensor pembaca daya, pembuatan mikrokontroler sebagai prosesor, pembuatan media komunikasi antar *hardware* dan pengujian *hardware* yang telah dirancang. Berikut ini adalah diagram blok sistem pengukuran :



**Gambar 3.3** Blok Diagram Sistem Pengukuran

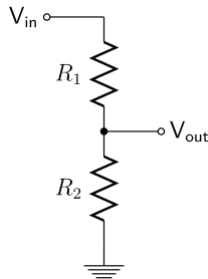
Diagram blok tersebut menjelaskan mengenai alur pengukuran yang dilakukan oleh sensor. Mulai dari *input*, sensing (*sensing element*), pengkodisian sinyal (*signal conditioning element*), pemrosesan sinyal (*signal processing element*), dan penampilan data (*data presentation element*).

#### 3.4.1. Perancangan Dan Pembuatan *Hardware*

Sesuai dengan spesifikasi komponen PLTS yang sudah terpasang, *hardware* dalam sistem *monitoring* ini nantinya adalah perancangan komponen pendukung untuk pembacaan parameter-parameter yang akan diukur. Selain itu juga ditambahkan *device* untuk menunjang *interfacing system* tersebut. Untuk *software* yaitu menggunakan CodeVisionAVR untuk memprogram seluruh pembacaan, pemrosesan dan penampilan data pada LCD sebagai media *interface*.

### a. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan adalah *voltage divider* (pembagi tegangan). *Voltage divider* dipasang pada tiap titik yang sama dengan sensor arus. Pada perancangan *voltage divider* mengacu pada tegangan maksimal yang bekerja pada tiap titik pengukuran. Setelah melakukan pengukuran tegangan maksimal, didapatkan rasio *voltage divider* masing-masing 1:30 pada tegangan PV, 1:5 pada tegangan *battery* dan *charging*. Berikut adalah rangkaian *voltage divider* yang digunakan :



**Gambar 3.4** Rangkaian *Voltage Divider*

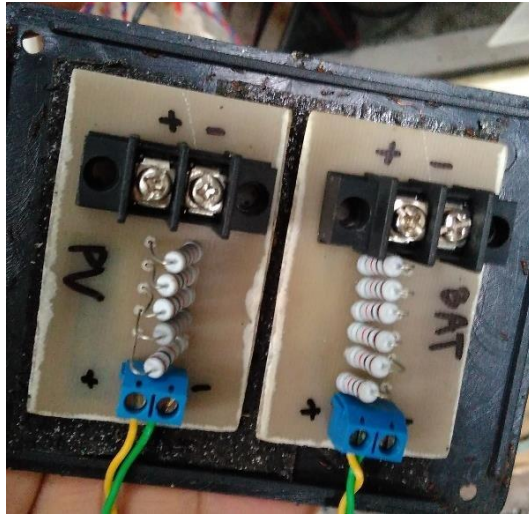
Untuk mencari tegangan *output* yang diinginkan agar sesuai dengan tegangan referensi mikrokontroller dengan membandingkan R1 dan R2 pada *voltage divider* dengan rumus dibawah ini :

$$V_{out} = V_{in} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (3.1)$$

Dimana :

- $V_{out}$  = Tegangan *Output* (volt)
- $V_{in}$  = Tegangan *Input* (volt)
- $R_1, R_2$  = Resistor pembagi (ohm)



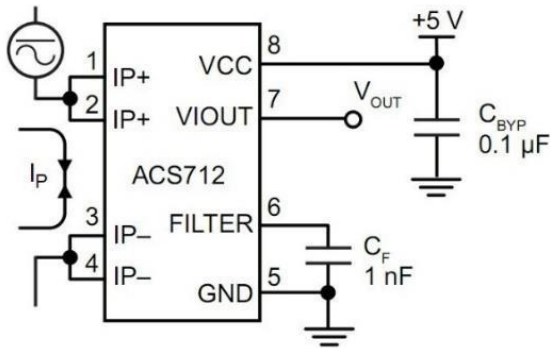


**Gambar 3.5** Rangkaian sensor tegangan (*voltage divider*)

Diatas merupakan sensor tegangan, penggunaan resistor disesuaikan dengan *range output* yang diharapkan agar dapat terbaca pada ADC mikrokontroler.

#### **b. Sensor Arus**

ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor *efek hall* lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Nilai variabel dari sensor ini merupakan *input* untuk mikrokontroler yang kemudian diolah. Gambar 3.6 merupakan konfigurasi sensor arus.



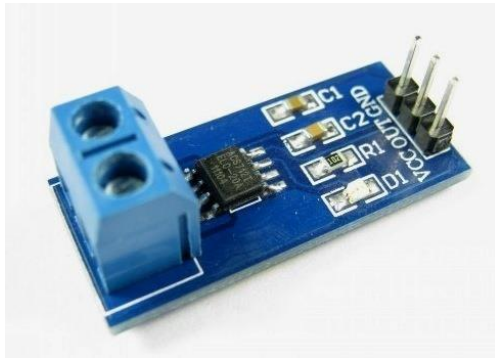
**Gambar 3.6** Konfigurasi Pin ACS712

*Efek Hall* adalah fenomena terdefleksinya aliran muatan pada keping logam yang diletakkan dalam medan magnet. Defleksi aliran muatan menyebabkan timbulnya beda potensial diantara sisi keping yang disebut *potensial hall*.

Untuk mendapatkan nilai arus dari sensor, maka digunakan formulasi berikut ini pada mikrokontroller untuk dapat membaca arus yang terbaca oleh sensor arus.

$$\text{Arus} = \frac{\left(\frac{255}{V_{CC}} \times \text{ADC value}\right) - 2.5}{0.100} \quad (3.2)$$

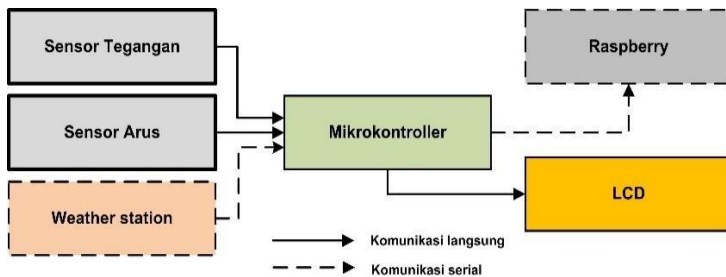
VIOOUT pada ACS712 akan langsung masuk ke ADC mikrokontroller yang selanjutnya akan diolah sehingga mikrokontroller dapat menampilkan pembacaan arus pada LCD. Berikut ini adalah bentuk dari sensor arus ACS712.



**Gambar 3.7** Sensor arus ACS712

### c. *Interfacing* Mikrokontroller

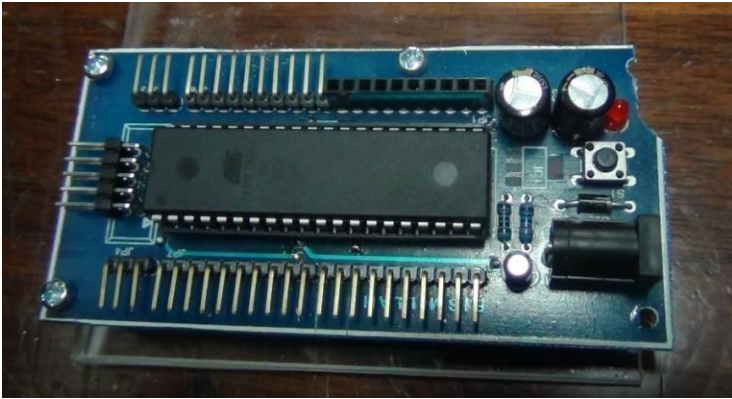
*Interfacing* mikrokontroller ini digunakan untuk menampilkan nilai pembacaan dari sensor arus dan tegangan ke dalam LCD, menerima data dari *weather station* dan mengirim data berupa pembacaan sensor serta data yang telah diterima dari *weather station* ke raspberry yang selanjutnya akan diunggah ke *website*. Berikut adalah diagram blok sistem *interfacing* pada mikrokontroller.



**Gambar 3.8** Diagram Blok *Interfacing* Mikrokontroller

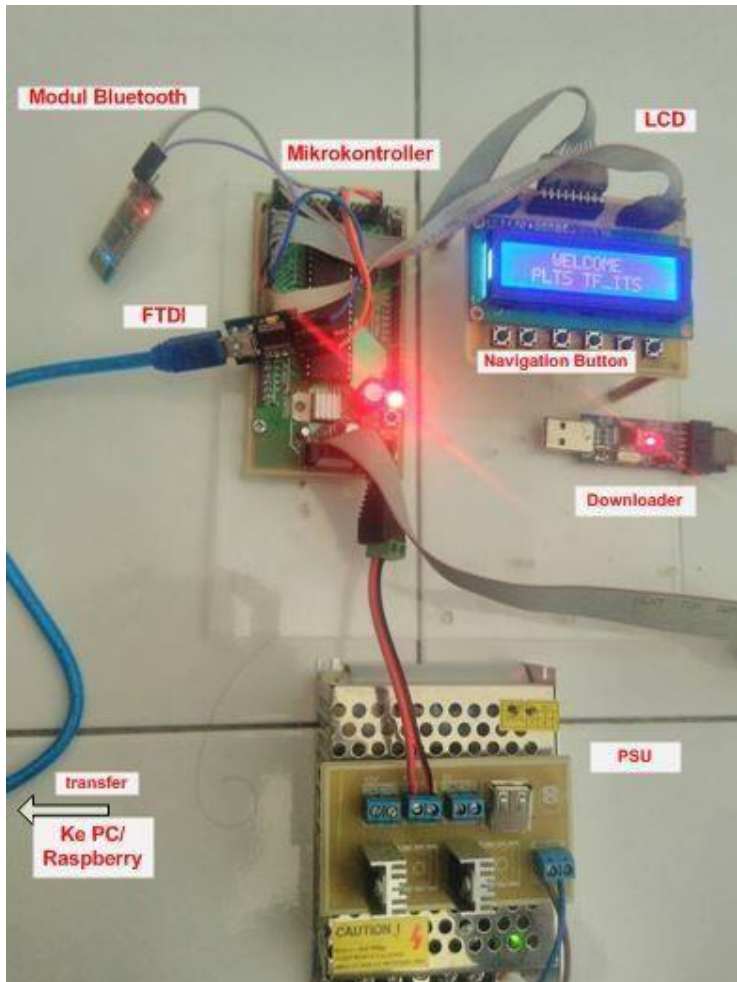
Mikrokontroller yang digunakan adalah jenis AVR dengan chip Atmega32. Pemilihan mikrokontroller jenis ini adalah karena kemudahan dalam pembuatan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan kemudahan *interfacing* dengan

berbagai komponen lain. Selain itu dengan membuat mikrokontroller sendiri kita dapat memilih seberapa besar memori yang diperlukan sebagai chip sehingga lebih efisien. Skematik mikrokontroller Atmega32 dibuat dengan menggunakan *software* Eagle PCB Design. Gambar skematik dari *minimum system* Atmega32 dapat dilihat pada halaman lampiran. Berikut merupakan *minimum system* Atmega32.



**Gambar 3.9** Mikrokontroller Atmega32

Setelah rangkaian dibuat, maka selanjutnya adalah menghubungkan dengan *input* dan *output* pada mikrokontroller seperti pada gambar blok diagram. Pada bagian *interfacing* ini, pemrograman sangat berperan untuk keberhasilan dari pada komunikasi dan penampilan *output* pada LCD.



**Gambar 3.10** Realisasi Alat

Gambar diatas adalah realisasi dari alat yang dibuat, terdapat *minimum system*, sensor, *shield LCD* dan *navigation button*, Bluetooth, FTDI, *power supply*.

#### **d. Media Komunikasi antar *Hardware***

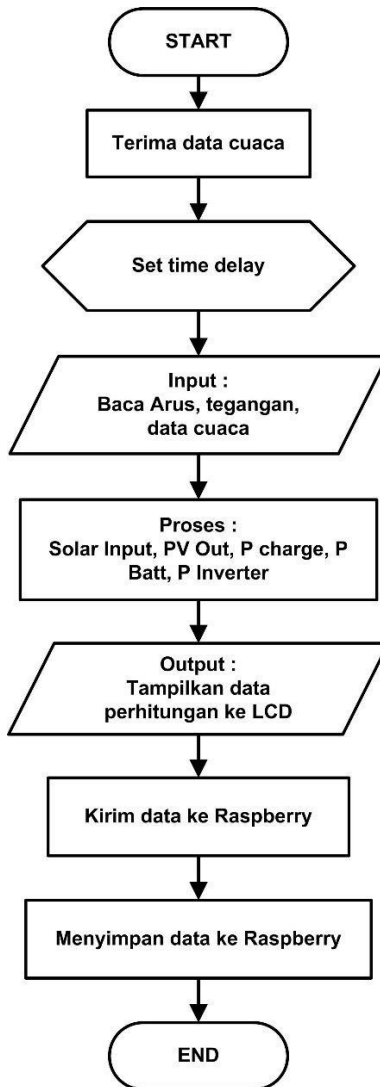
Media komunikasi disini berfungsi untuk proses kirim dan terima data dari satu alat ke alat lainnya. Komunikasi berperan penting pada ketersediaan data untuk diunggah ke *website* dan disimpan pada *database*. Komunikasi disini menggunakan fitur yang sudah terdapat pada mikrokontroller, yaitu komunikasi serial (USART).

Komunikasi serial antara mikrokontroller dengan *weather station* menggunakan 2 buah modul Bluetooth HC-05 yang sudah di *pairing*. Bluetooth HC-05 memiliki kemampuan untuk transfer data hingga jarak 20 meter, selain itu kelebihan dari bluetooth yaitu dapat mengabaikan sinyal/medan gangguan dari luar bluetooth itu sendiri dan tidak dapat diinterupsi oleh sinyal bluetooth lain apabila kedua *device* sudah ter-*pairing*.

Sedangkan komunikasi serial antara mikrokontroler dengan raspberry menggunakan modul FTDI. Modul FTDI merupakan usb serial TTL yang kompatibel dengan raspberry ataupun komputer (laptop/PC), mengingat adanya perbedaan tegangan *default* antara mikrokontroller dengan raspberry yaitu 5v dan 3.3v. Selain itu kecepatan transfer data menjadi kelebihan dari FTDI selain kompatibilitasnya dengan berbagai *device* yang berbeda.

#### **3.4.2. Perancangan *Software***

Perancangan *software* dilakukan dengan menggunakan *software* CodeVision AVR. Dengan *software* tersebut seluruh pemrograman untuk pembacaan sensor, perhitungan, *interfacing* dan proses kirim-terima data ke serial dilakukan. Dalam pembuatan *software*, ada beberapa tahapan proses yang dilakukan. Adapun tahapan-tahapannya secara runtut dijelaskan pada *flowchart* pemrograman dibawah ini :



**Gambar 3.11** *Flowchart* Pemrograman

Pada *interfacing* mikrokontroller dengan LCD maka pemrograman sangatlah berperan. Pada program dibuatlah menu

dan submenu untuk memudahkan pengoperasian. Pada awal menu, terdapat pengaturan *time delay* untuk pengiriman data ke raspberry dalam interval menit. Ketika alat dinyalakan maka komunikasi (Bluetooth) dengan *weather station* akan otomatis aktif, selain itu sensor akan mulai membaca terus menerus. Untuk mengetahui nilai pembacaan dan hasil perhitungan, terdapat submenu untuk masing-masing proses perhitungan yang dapat dilihat pada LCD. Untuk memudahkan pengoperasian maka dibuatlah *navigation button* yang terdiri dari kanan-kiri atas-bawah dan tambah-kurang. Sesuai *time delay* yang sudah di set diawal, maka seluruh data pembacaan dan data cuaca akan dikirim dalam bentuk tipe data *string* ke raspberry menggunakan FTDI. Setelah data diterima raspberry maka akan langsung di upload ke *website* sesuai *time delay* yang telah di set. Setelah data diunggah ke *website*, maka data akan tersimpan pada *database* raspberry.

### **3.5 Pengambilan Data Karakteristik Dan Kalibrasi Alat Ukur**

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data karakteristik dari alat ukur yang dibuat, sehingga dapat diketahui performansi dari alat yang dibuat. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan alat ukur yang dibuat dengan alat ukur standar. Kalibrasi digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran pada saat alat tersebut digunakan sehingga dapat diketahui karakteristik dari alat ukur yang dibuat.

### **3.6 Pengujian Sistem Pengukuran**

Pada pengujian sistem pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah seluruh komponen pengukuran sudah bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan sebenarnya (*site plant*). Pengujian dilakukan pada masing-masing elemen sensor, komunikasi, penampil data hingga terintegrasi semuanya. Apabila masih terjadi kegagalan ataupun *crash*, maka perlu dilakukan *troubleshooting*.



### **3.7 Pengambilan data PLTS**

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan analisa. Data yang diambil berupa data cuaca dari *weather station*, data arus dan tegangan pada bagian PLTS (PV, *solar charge controller*, baterai dan *inverter*). Pengambilan data dilakukan selama 2 hari 1 malam secara kontinyu menggunakan alat yang sudah dibuat.

### **3.8 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan**

Tahapan terakhir yaitu analisis data dan penarikan kesimpulan dari pembuatan alat dan monitoring yang telah dilakukan dan dari analisa performansi PLTS. Pada tahapan ini juga dilakukan penyusunan laporan akhir.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Performansi sebuah PV dapat ditinjau dari segi efisiensi energi, dimana efisiensi energi PV sendiri merupakan rasio antara energi yang dibangkitkan oleh sistem PV dan total radiasi matahari yang sampai dipermukaan PV.

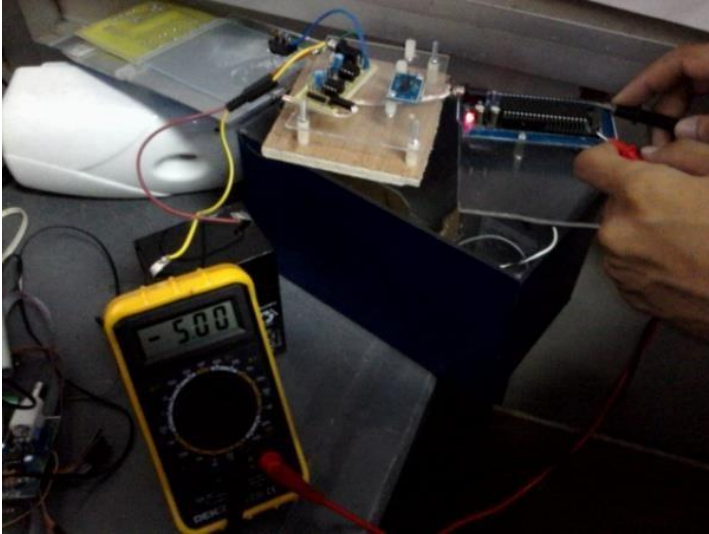
Produksi energi dari sistem PV ditentukan berdasarkan estimasi arus dan tegangan yang dihasilkan modul PV, dimana daya keluaran PV tergantung dari karakteristik teknis dan parameter lingkungan. Maka dari itu data-data tersebut sangat penting untuk mengetahui efisiensi dan performansi dari sistem PLTS.

#### **4.1. Hasil Pengujian Perancangan *Hardware***

Setelah merencanakan suatu alat/*hardware* dan membuatnya, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap alat tersebut. Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah peralatan yang dirancang berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

##### **4.1.1 Hasil Pengujian Tegangan *Output* dari Mikrokontroller**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tegangan *output* dari mikrokontroller apakah sesuai dengan *output* dari *voltage regulator* yang digunakan. *Voltage regulator* yang digunakan adalah AMS1117 5.0 yang memberikan tegangan *output* 5V DC.



**Gambar 4.1** Pengujian Tegangan *Output* dari *Mikrokontroller*

Pada gambar diatas terlihat bahwa mikrokontroller diberikan *input* sebesar 9V, pada multimeter digital menunjukkan 5V yang artinya nilai *output* dari mikrokontroller sudah sesuai dengan yang diharapkan.

#### **4.1.2 Hasil Pengujian Alat Pengukur Tegangan**

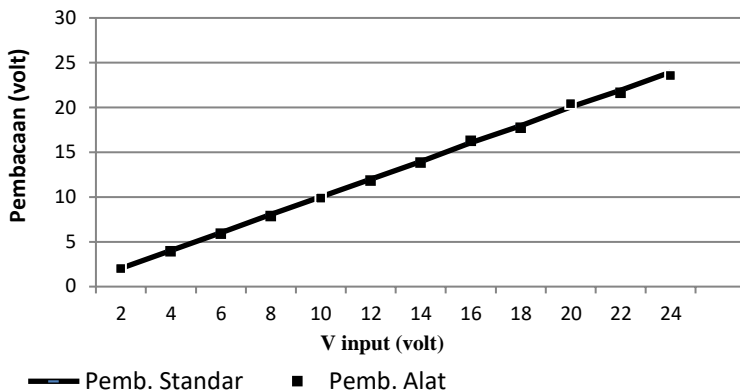
Setelah dilakukan perancangan sensor tegangan menggunakan *voltage divider*, selanjutnya dilakukan pengambilan data pengujian alat. Untuk pembacaan tegangan terdapat dua sensor yang memiliki rasio berbeda, yaitu 1:5 dan 1:30. Pada pengujian sensor tegangan dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur standar yaitu Voltmeter digital. Data pengujian alat ukur tegangan (*voltage divider*) dengan rasio 1:5 dapat dilihat pada table berikut.

**Tabel 4.1** Data pengujian sensor ukur tegangan (*voltage divider*) dengan rasio 1:5.

No	V in (V)	V Pemb. standar (V)	V Output Sensor (V)	ADC	V Pemb. Alat (V)	Error
1	2	2.05	0.33	17	1.98	3.41%
2	4	4.03	0.65	33	3.9	3.23%
3	6	6.04	0.98	50	5.88	2.65%
4	8	8.05	1.31	67	7.86	2.36%
5	10	10.03	1.64	84	9.84	1.89%
6	12	11.98	1.97	100	11.82	1.34%
7	14	13.97	2.3	117	13.8	1.22%
8	16	16.05	2.71	138	16.26	1.31%
9	18	17.96	2.95	150	17.7	1.45%
10	20	20.08	3.4	173	20.4	1.59%
11	22	21.94	3.6	184	21.6	1.55%
12	24	23.95	3.92	200	23.52	1.80%

Pengujian dilakukan dengan mengukur mulai dari tegangan rendah sampai tegangan tinggi dengan selisih tetap dan dibandingkan dengan alat ukur standar (*voltmeter*) sebagai acuan. Dari pengujian dihasilkan grafik perbandingan pembacaan standar dengan pembacaan alat sebagai berikut :

**Perbandingan Pembacaan Standar dengan Pembacaan Alat**



**Gambar 4.2** Perbandingan Pembacaan Standar dengan Pembacaan Alat

Dari gambar diatas, dapat diketahui bahwa garis dan titik yang terdapat pada grafik saling berhimpit yang menunjukkan bahwa pembacaan oleh alat sudah mendekati dengan nilai pembacaan pada alat ukur standar, namun terdapat beberapa titik tertentu yang masih *error* dalam pembacaan.

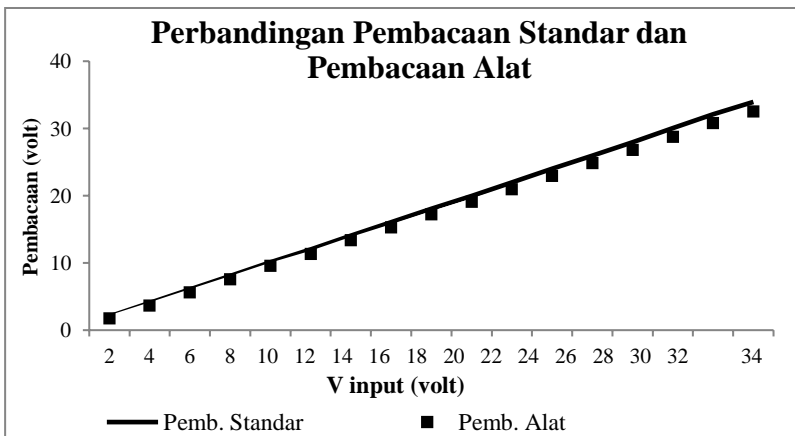


**Gambar 4.3** Uji Alat Ukur Tegangan

Pengujian dilakukan dengan mengukur dari tegangan rendah sampai tegangan tinggi dengan selisih tetap. Dari pengujian dihasilkan grafik karakteristik pembacaan alat standar dan pembacaan alat (sensor) seperti pada gambar 4.4 dibawah.. Adapun data hasil pengujian sensor ukur tegangan yang kedua dengan rasio 1:30 dapat dilihat pada table berikut.

**Tabel 4.2** Data pengujian sensor ukur tegangan (*voltage divider*) dengan rasio 1:30.

No	V in (V)	V Pemb. Standar (V)	V output Sensor (V)	ADC	V Pemb. Alat (V)	Error
1	2	2.05	0.059	3	1.77	14%
2	4	4.05	0.123	6	3.69	9%
3	6	6.03	0.187	10	5.61	7%
4	8	8.07	0.253	13	7.59	6%
5	10	10.08	0.319	16	9.57	5%
6	12	12.02	0.378	19	11.34	6%
7	14	14.05	0.446	23	13.38	5%
8	16	16.03	0.509	26	15.27	5%
9	18	18.06	0.574	29	17.22	5%
10	20	19.97	0.636	32	19.08	4%
11	22	21.98	0.698	36	20.94	5%
12	24	24.02	0.765	39	22.95	4%
13	26	25.96	0.828	42	24.84	4%
14	28	27.98	0.894	46	26.82	4%
15	30	30.04	0.959	49	28.77	4%
16	32	32.09	1.027	52	30.81	4%
17	34	33.95	1.085	55	32.55	4%



**Gambar 4.4** Perbandingan Pembacaan Standar dan Pembacaan Alat

Percobaan dilakukan dengan menguji sensor tegangan dengan memberikan *supply* tegangan DC dari kecil ke besar secara bertahap, kemudian dilakukan perhitungan menunjukkan bahwa pembacaan alat sudah mendekati dengan alat standar, namun terdapat beberapa titik yang masih *error* dalam pembacaan. Data hasil pembacaan dapat dilihat pada halaman lampiran.

## 1. Data Spesifikasi Alat

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian alat ukur tegangan dengan rasio 1:5, maka dapat diperoleh karakteristik dari alat ukur tegangan sebagai berikut :

- a. *Range* : 0-24 Volt
- b. *Span* : 24 Volt
- c. Resolusi : 0.01
- d. Non-linieritas : 3%
- e. Akurasi : 98%
- f. *Error* : 1.98%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik *static* alat ukur tegangan berdasarkan data pada tabel 4.1.

- Sensitivitas (dari data pengujian alat)  

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{23.52 - 1.98}{23.95 - 2.05} = \frac{21.54}{21.9} = 0.984$$
- Non-linieritas  

$$(NI) = OI - (KI + a)$$

$$\begin{aligned} \text{Non-linieritas maksimum per unit} \\ = \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\% \end{aligned}$$

Dimana :

$$K (\text{sensitivitas}) = 0.984$$

$$a (\text{zero bias}) = O_{\max} - O_{\min}$$

$$a = 1.98 - (0.984)(2.05) = 0.036$$

$$N (\text{Non-linieritas maksimum}) = 0.614$$

Non-linieritas maksimum per unit



$$= \frac{0.614}{23.52 - 1.98} \times 100\% = 3\%$$

- Akurasi

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

Dengan :

$Y_n$  = Pembacaan Standar

$X_n$  = Pembacaan Alat

$$A = 1 - |0.020| \times 100\% = 98\%$$

Untuk data pengujian alat ukur tegangan dengan rasio 1:30 dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan data yang telah didapatkan, maka dapat diperoleh karakteristik dari alat ukur tegangan sebagai berikut :

- Range* : 0-150 Volt
- Span* : 150 Volt
- Resolusi : 0.01
- Non-linieritas : 2%
- Akurasi : 94.4%
- Error* : 6%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik *static* alat ukur tegangan berdasarkan data pada tabel 4.2.

- Sensitivitas (dari data pengujian alat)

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{32.55 - 1.77}{33.95 - 2.05} = \frac{30.78}{31.9} = 0.965$$

- Non-linieritas

$$(N(I)) = O(I) - (KI + a)$$

Non-linieritas maksimum per unit

$$= \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

Dimana :

$$K (\text{sensitivitas}) = 0.965$$

$$a (\text{zero bias}) = O_{\max} - O_{\min}$$

$$a = 1.77 - (0.965)(2.05) = 0.208$$

$$N \text{ (Non-linieritas maksimum)} = 0.476$$

Non-linieritas maksimum per unit

$$= \frac{0.476}{32.55 - 1.77} \times 100\% = 2\%$$

- Akurasi

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

Dengan :

$Y_n$  = Pembacaan Standar

$X_n$  = Pembacaan Alat

$$A = 1 - |0.056| \times 100\% = 94.4\%$$

#### 4.1.3 Hasil Pengujian Alat Pengukur Arus

Sensor arus 30 A ini merupakan modul sensor untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat terminal blok menggunakan *current* sensor yang memanfaatkan efek *Hall*. Besar arus maksimum yang dapat dideteksi sebesar 30 A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara linear mulai dari 2.5 Volt ( $\frac{1}{2} \times VCC$ , tegangan catu daya  $VCC = 5V$ ) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4.5V pada arus sebesar +30A atau 0.5V pada arus sebesar -30A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0.5V atau di atas 4.5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum). Perubahan tingkat tegangan berkorelasi linear terhadap besar arus sebesar 66 mV / Ampere.

Sesuai dengan kaidah pengukuran arus, yaitu arus diukur secara seri antara sumber arus dan beban yang diukur arusnya. Pada pengujian sensor arus dilakukan pengukuran berdasarkan nilai beban yaitu beban resistif. Hasil dari pembacaan dan pengukuran pada sensor arus kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan dan pengukuran pada amperemeter sebagai alat standar pembacaan arus.



**Gambar 4.5** Pengujian Sensor Arus ACS712

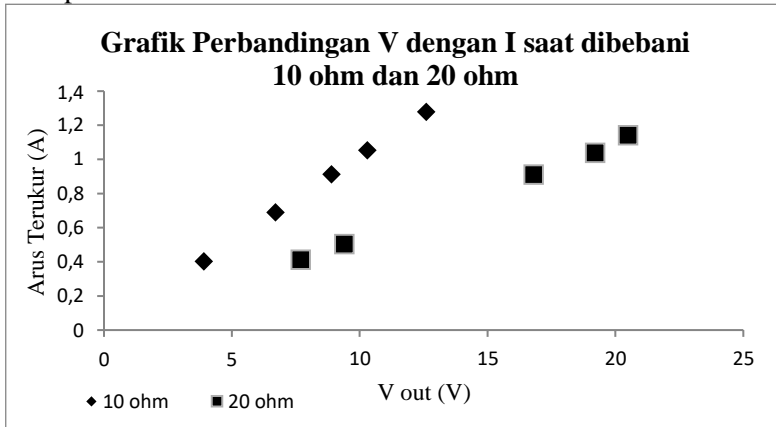
Adapun data hasil pengujian sensor arus ACS712 dapat dilihat pada table 4.3. pengujian dilakukan dengan menggunakan beban 10 ohm dan 20 ohm.

**Tabel 4.3** Data pengujian sensor ACS712 dengan variasi beban yang berbeda.

Beban	Tegangan (V)	Amperemeter (mA)	Sensor ACS (mA)	Error
10 ohm	3.9	391	401	2.6%
	6.7	672	689	2.5%
	8.9	892	912	2.2%
	10.3	1031	1053	2.1%
	12.6	1263	1278	1.2%
20 ohm	7.7	386	411	6.5%
	9.4	472	503	6.6%
	16.8	841	910	8.2%
	19.2	962	1038	7.9%
	20.5	1035	1140	10.1%

Dari data pengujian dapat diketahui bahwa sensor arus ACS712 memiliki *error* rata-rata 2% saat dibebani 10 ohm dan 8% saat dibebani 20 ohm. Besarnya *error* semakin besar saat dibebani 20 ohm disebabkan oleh panas yang ditimbulkan, karena sensor

ACS 712 sangat sensitif dengan suhu, suhu idealnya saat bekerja yaitu sekitar  $25^{\circ}\text{C}$ . Perbandingan tegangan dan arus pada saat pengujian dapat divisualisasikan dengan grafik seperti yang terdapat dibawah ini.

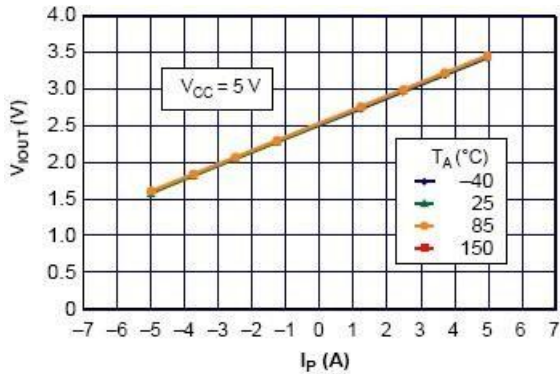


**Gambar 4.6** Grafik perbandingan V dengan I saat dibebani 10 Ohm dan 20 Ohm

Dari grafik dan data pengujian dapat diketahui bahwa semakin besar tegangan operasi pada saat pengujian, maka akan berpengaruh pada arus yang dihasilkan. Efek ini membuktikan dari spesifikasi ACS712 itu sendiri yang memang sudah ada dan dicantumkan oleh pabrik, tiap sensor dengan kemampuan *range* pengukuran berbeda memiliki keakurasian yang berbeda. Berikut merupakan spesifikasi standar yang terdapat pada ACS712.

**Tabel 4.4** Spesifikasi Sensor Arus ACS712

Karakteristik	Simbol	Rating maksimal
Tegangan <i>supply</i>	V <sub>cc</sub>	8 Volt
<i>Output</i> tegangan	V <sub>out</sub>	8 Volt
Sensitivitas	5 A	185 mV/A
	20 A	100 mV/A
	30 A	66 mV/A
Toleransi arus lebih	I <sub>p</sub>	100 A



**Gambar 4.7** Grafik tegangan keluaran sensor terhadap arus yang terukur

#### 4.1.4 Hasil Pengujian *Interfacing* Mikrokontroler - LCD

*Interfacing* keseluruhan alat dengan menggabungkan seluruh komponen penyusun, seperti sensor-sensor, mikrokontroler, LCD dan media komunikasinya sehingga dapat menerima dan mengirim data. Pengujian dilakukan pada *plant* dan kondisi sesungguhnya. Berikut merupakan tampilan *interfacing* pada LCD.

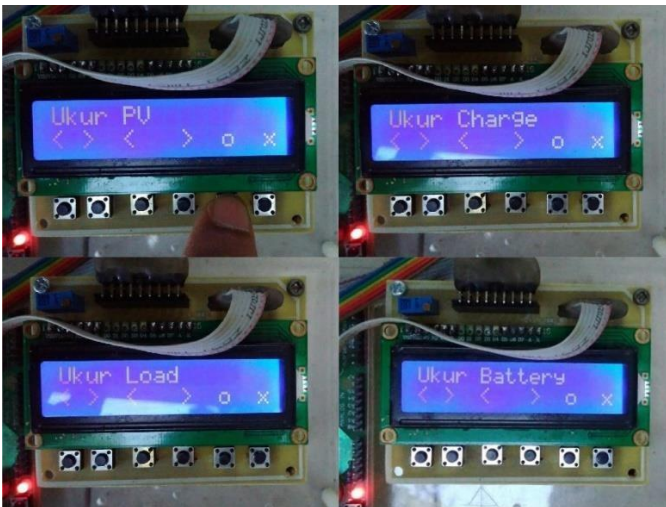


**Gambar 4.8** Tampilan awal menu



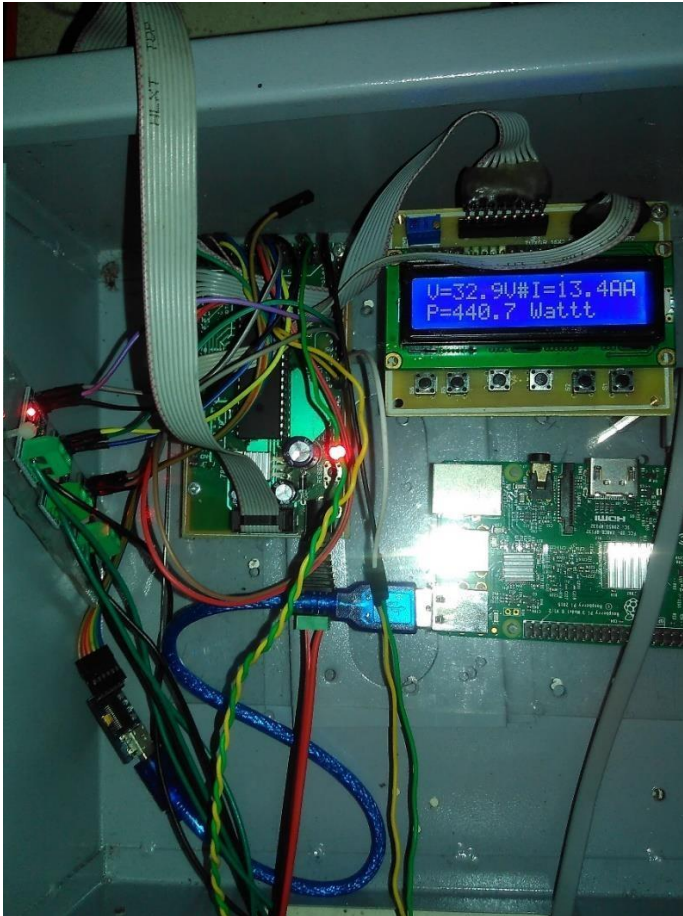
**Gambar 4.9** Tampilan set *delay time*

Pada gambar diatas merupakan konfigurasi yang harus dijalankan diawal, yaitu mengatur *delay time* yang berfungsi untuk memberikan waktu tunda pada saat mengirim data ke raspberry.



**Gambar 4.10** Tampilan menu

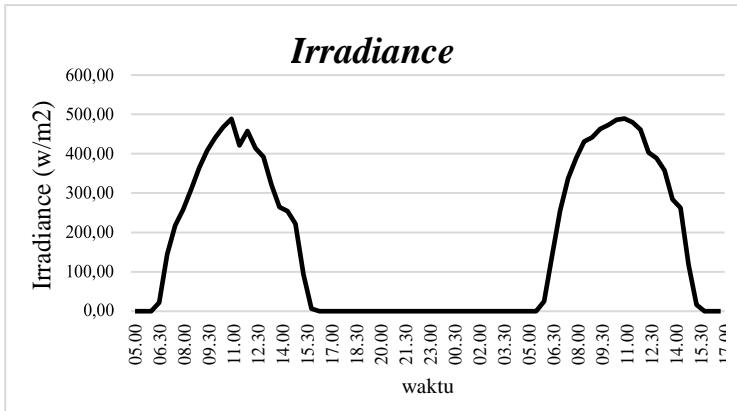
Pada gambar 4.10 merupakan submenu pada program utama, yang terdiri dari ukur PV, ukur *charge*, ukur *load* dan ukur baterai. Untuk mengoperasikannya terdapat navigasi yang terdiri dari kanan-kiri, tambah-kurang dan ok-cancel yang terintegrasi pada button. Berikut merupakan foto realisasi alat keseluruhan.



**Gambar 4.11** Foto realisasi alat

#### 4.2. Pengolahan Data dari Datalogger dan Data Cuaca

Setelah didapatkan data kinerja PLTS dan data cuaca selama 36 jam, kemudian data tersebut dikelompokkan sesuai data yang dibutuhkan dan diambil rata-rata perjamnya. Data PLTS meliputi data daya yang dihasilkan *photovoltaic*, data daya untuk *charging* baterai dan data daya yang digunakan *inverter* untuk mensuplai kebutuhan energi beban. Sedangkan data cuaca meliputi data irradiansi, suhu permukaan pv, suhu lingkungan dan kelembaban.



**Gambar 4.12** Grafik Monitoring Irradiance.

Data *monitoring irradiance* selama 2 hari ditunjukkan pada gambar 4.12. *Irradiance* maksimal didapatkan sebesar 488.73  $\text{W/m}^2$  pada pukul 11.30 WIB pada hari pertama. Grafik menunjukkan *irradiance* turun setelah pukul 11.30 WIB. Sedangkan untuk hari ke-2 didapatkan *irradiance* maksimal sebesar 489.69  $\text{W/m}^2$  pada pukul 11.30 WIB. Selisih *irradiance* maksimal pada hari pertama dan ke-2 sedikit disebabkan oleh faktor cuaca yang cenderung sama selama 2 hari pengambilan data. Sesuai dengan datasheet *photovoltaic* yang digunakan, panel surya yang digunakan mempunyai spesifikasi *cell size* 125 x 125 mm dan berjumlah 72 *cell*. Perhitungan daya input PV dapat hitung dengan mengalikan antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area modul PV dengan persamaan (2.1).



Luas permukaan modul *array photovoltaic* yang terpasang adalah :

$$A = 0.125 \times 0.125 = 0.015625 \text{ m}^2$$

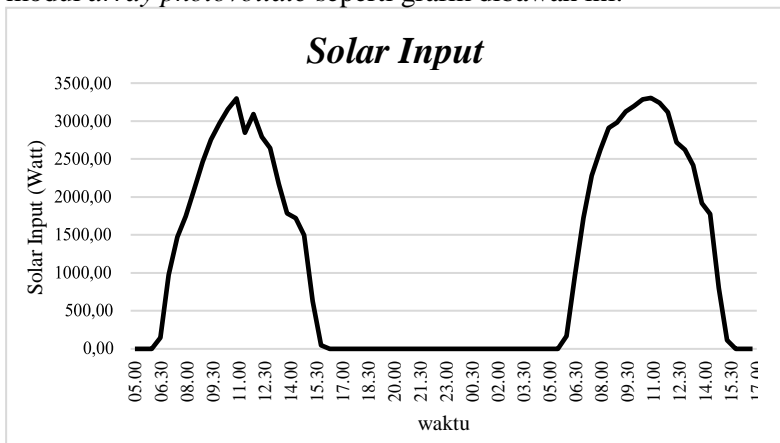
Dengan jumlah *cell* per modul adalah 72 *cell*, maka

$$A = 0.015625 \text{ m}^2 \times 72 = 1.125 \text{ m}^2$$

Modul *array photovoltaic* terdiri atas 6 modul *solar panel* yang disusun, maka perhitungan menjadi,

$$A = 1.125 \text{ m}^2 \times 6 = 6.75 \text{ m}^2$$

Dengan menggunakan luas permukaan  $6.75 \text{ m}^2$  dan data *irradiance*, maka didapatkan data daya input (*solar input*) dari modul *array photovoltaic* seperti grafik dibawah ini.

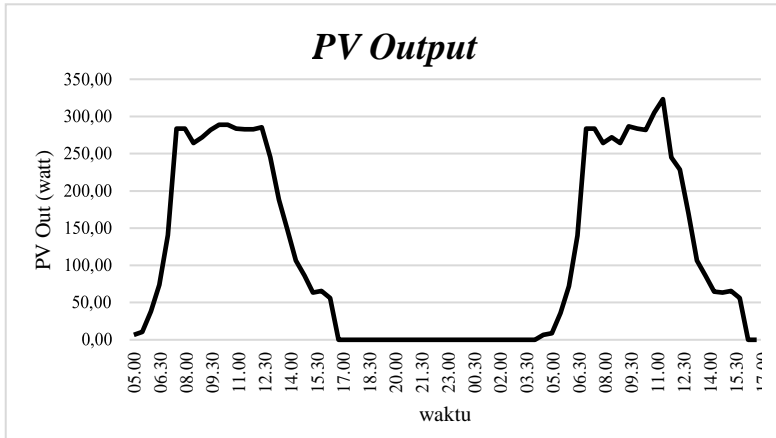


**Gambar 4.13** Grafik *Monitoring Solar Input*

Grafik monitoring *solar input* PV menunjukkan bahwa modul *array photovoltaic* dapat mensuplai daya maksimal pada hari pertama yaitu pada pukul 11.30 WIB sebesar 3298.94 watt. Sedangkan pada hari kedua modul *array photovoltaic* dapat mensuplai daya maksimal sebesar 3305.40 watt pada pukul 11.30 WIB. Jika dilihat dan dibandingkan antara grafik *solar input* dan grafik *irradiance* memiliki pola yang sama, dikarenakan *solar*

*input* dari sebuah *array photovoltaic* dipengaruhi oleh besar *irradiance*.

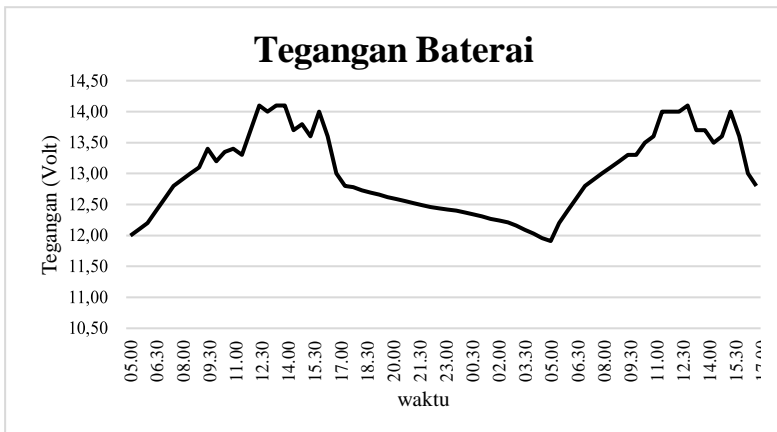
Daya *output* modul *array photovoltaic* didapatkan dari hasil perkalian antara tegangan dan arus *output*. Data *output array photovoltaic* pada *monitoring* didapatkan seperti ditunjukkan pada gambar 4.14 dibawah ini.



**Gambar 4.14** Grafik *monitoring* PV *output*.

Dari hasil *monitoring* daya *output* dan perhitungan menggunakan persamaan (2.2), didapatkan modul *array photovoltaic* mampu mensuplai daya sekitar 2164.16 watt pada hari pertama. Pada hari kedua, sistem mampu mensuplai daya sebesar 2098.80 watt.

Pada *monitoring* baterai didapatkan data tegangan dan arus baterai. Gambar dibawah ini adalah grafik tegangan dari baterai selama pengambilan data. Grafik data tegangan baterai terlihat fluktuatif dikarenakan adanya *discharge* dan *charge* pada baterai.

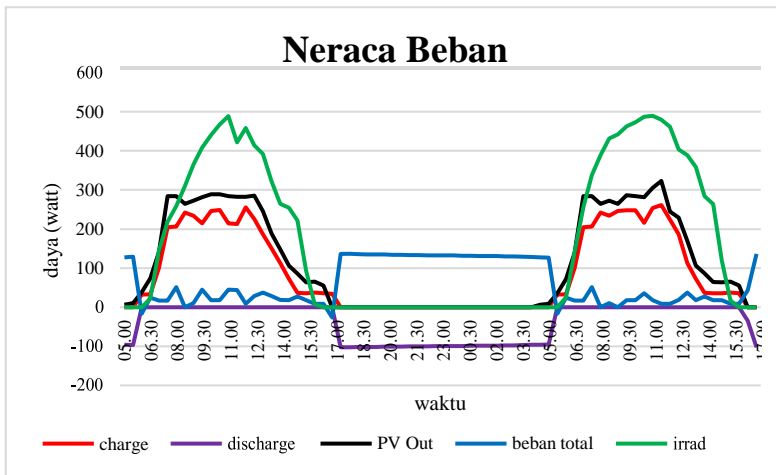


**Gambar 4.15** Grafik *Monitoring Tegangan Battery*

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa baterai akan terisi (*charging*) pada pagi hari sampai siang yang ditunjukkan oleh grafik cenderung naik dengan cepat, sedangkan proses pengosongan (*discharge*) pada baterai terjadi pada malam hari sampai pagi dikarenakan daya yang tersimpan pada baterai digunakan untuk *load* (penerangan). Proses *discharge* baterai cenderung stabil dikarenakan penggunaan daya oleh *load* juga stabil.

Data yang didapatkan dari monitoring *weather station* dapat dilihat pada table pada lampiran yang meliputi data *irradiance*, suhu lingkungan, kelembaban dan suhu permukaan PV. Data hasil monitoring pembacaan sensor-sensor yang terpasang pada *weather station* dapat dilihat di halaman lampiran.

Neraca beban hasil analisa data dari datalogger dan data cuaca adalah seperti ditunjukkan pada gambar grafik berikut ini.



**Gambar 4.16** Neraca beban PLTS

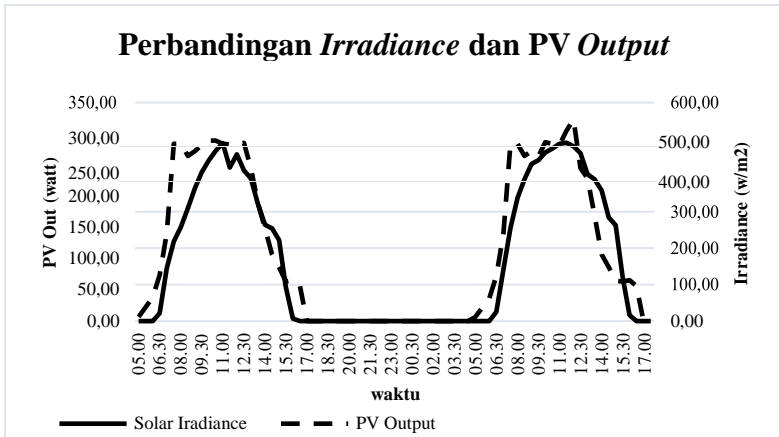
Dengan neraca beban, dapat diketahui besar daya listrik yang dibangkitkan dan besar daya yang terpakai. Penggunaan paling banyak adalah untuk mensuplai kebutuhan beban.

#### 4.3. Analisa Data Hasil Monitoring

Performansi sebuah sistem PLTS sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, selain dari komponen internal sistem seperti *solar charge controller* dan *inverter*, kondisi lingkungan seperti *solar irradiance*, suhu permukaan dan suhu lingkungan dari *photovoltaic array* juga berpengaruh.

##### 4.3.1 Analisa Pengaruh *Irradiance* terhadap *output Photovoltaic Array (PV Output)*

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 21-22 Mei 2017. Data yang diambil yaitu nilai tegangan dan arus dari *photovoltaic array* dan nilai *solar irradiance*. Dengan mengalikan nilai arus dan tegangan dari *array photovoltaic* maka didapatkan nilai daya keluarannya. Hasil pengambilan data berupa tabel dapat dilihat pada lampiran. Berikut grafik perbandingan *solar irradiance* terhadap *PV Output*.



**Gambar 4.17** Grafik perbandingan daya *Irradiance* dan *PV Output*

Grafik pada gambar 4.17 menunjukkan dua hari pengambilan data. Dari grafik dapat dilihat daya *PV Output* tertinggi pada hari pertama adalah 288.96 watt dengan nilai *irradiance* sebesar 467.62 w/m<sup>2</sup> pada pukul 10.30 WIB. Sedangkan untuk hari kedua didapatkan daya tertinggi *PV Output* sebesar 323.20 watt dengan nilai *irradiance* sebesar 480.09 w/m<sup>2</sup> pada pukul 12.00 WIB.

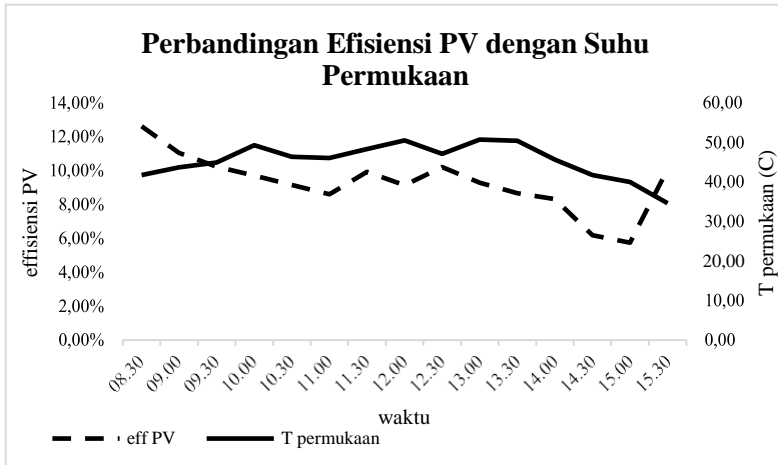
Grafik pada gambar 4.17 Menunjukkan pada pukul 05.00-08.00 WIB terjadi kenaikan daya *output* PV disertai kenaikan dari nilai *irradiance*. Dan pada pukul 12.00-16.00 WIB terjadi penurunan *irradiance* dan disertai juga oleh penurunan daya *PV Output*. Kenaikan dan penurunan ini tidak linier karena daya *output photovoltaic array* tidak hanya dipengaruhi oleh *irradiance* saja, tetapi juga kondisi lingkungan lainnya seperti suhu lingkungan, suhu permukaan dan karakteristik dari komponen penyusun PLTS itu sendiri.

Dari grafik diketahui bahwa pada pagi hari, yaitu pukul 6.00 WIB hingga pukul 9.00 WIB bahwa *PV output* memiliki nilai yang besar. Ini menandakan bahwa *Solar charge controller*

menyuplai daya yang besar sebagai *charging*, sehingga menyebabkan *charging* baterai optimal dengan daya yang besar. *Solar charge controller* otomatis akan beroperasi pada mode *bulk* dikarenakan mendeteksi kekurangan daya pada baterai, sehingga *Solar charge controller* berusaha mempercepat pengisian baterai.

#### 4.3.2 Analisa Pengaruh Suhu Permukaan *Photovoltaic Array* Terhadap Efisiensi *Photovoltaic Array*

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 21-22 Mei 2017, berupa data suhu permukaan dan efisiensi *array photovoltaic*. Hasil pengambilan data berupa tabel dapat dilihat pada halaman lampiran. Berikut adalah data yang telah dibuat grafiknya.



**Gambar 4.18** Grafik perbandingan efisiensi PV dengan suhu permukaan

Dari grafik pada gambar 4.18 Pada pukul 08.30-10.00 WIB terjadi penambahan suhu permukaan *array photovoltaic* diiringi dengan penurunan efisiensi *array photovoltaic*. Hal ini juga terjadi pada pukul 11.30-13.00 WIB yaitu terjadi kenaikan disusul oleh penurunan suhu permukaan *array photovoltaic* dan efisiensi *array photovoltaic* mengalami penurunan dan kenaikan.

Hal ini membuktikan bahwa suhu permukaan berbanding terbalik dengan efisiensi *array photovoltaic*.

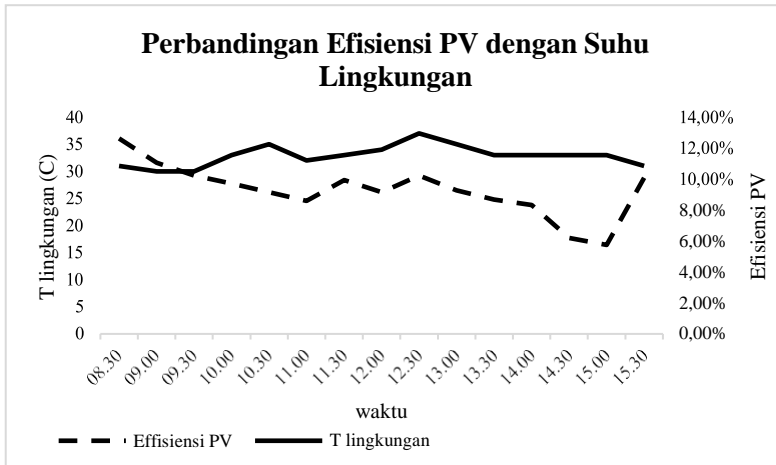
Dapat disimpulkan bahwa kenaikan *solar irradiance* mempengaruhi produksi daya dari *photovoltaic array*. Semakin besar nilai *solar irradiance* maka semakin besar pula produksi daya *output array photovoltaic*, sebaliknya semakin kecil nilai *solar irradiance* maka semakin kecil pula daya yang dihasilkan oleh *photovoltaic array*.

Pada saat pukul 10.00-1130 WIB dimana yang seharusnya efisiensi naik karena suhu permukaan turun, tetapi data efisiensi yang diambil justru mengalami kenaikan, hal ini juga terjadi pada rentang waktu 13.00-15.00 WIB. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat factor lain yang mempengaruhi efisiensi selain suhu permukaan. Diantaranya adalah suhu lingkungan dan kecepatan angin. Kecepatan angin disini bertindak sebagai mendinginkan suhu permukaan *array photovoltaic*. Semakin tinggi kecepatan angin maka semakin baik nilai efisiensi *array photovoltaic* yang didapatkan.

#### **4.3.3 Analisa Pengaruh Suhu Lingkungan Array Photovoltaic terhadap Efisiensi Array Photovoltaic**

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 21-22 Mei 2017, berupa data suhu lingkungan dan efisiensi *array photovoltaic*. Hasil pengambilan data berupa table dapat dilihat pada halaman lampiran. Berikut adalah data yang telah dibuat grafiknya.

Dari grafik pada gambar 4.19 Dapat dilihat pada pukul 9.00 WIB yaitu pada saat suhu lingkungan rendah yaitu sebesar 30°C, *array photovoltaic* memiliki efisiensi sebesar 11.05%, semakin lama hingga pukul 10.30 WIB terjadi kenaikan suhu lingkungan, sebaliknya nilai efisiensi *array photovoltaic* mengalami penurunan.



**Gambar 4.19** Grafik Perbandingan efisiensi *array photovoltaic* dengan suhu lingkungan

Pada saat pukul 10.30-11.00 WIB terjadi penurunan efisiensi dengan diikuti oleh penurunan suhu lingkungan. Begitu pula saat pukul 12.30-15.00 WIB terjadi penurunan efisiensi *array photovoltaic* disertai penurunan suhu lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa suhu lingkungan mempunyai pengaruh tidak langsung terhadap efisiensi *array photovoltaic*, disamping efisiensi *array photovoltaic* dipengaruhi langsung oleh beberapa faktor seperti *solar irradiance* dan suhu permukaan.

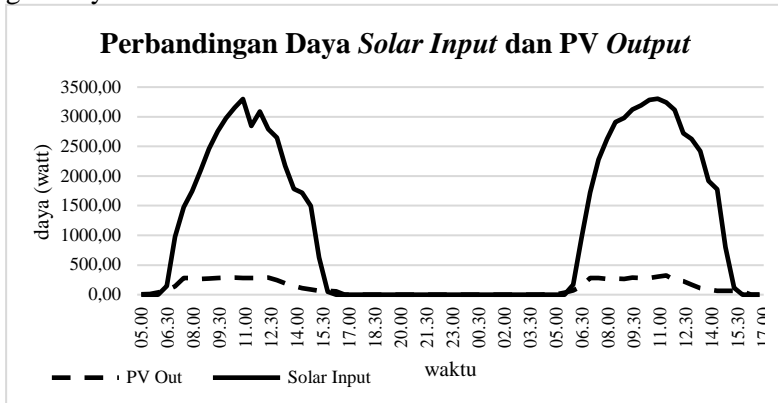
#### 4.4. Performansi *Photovoltaic*

Untuk mengetahui performansi dan efisiensi dari *photovoltaic* maka analisa dilakukan menggunakan data pembacaan daya *output* PV dan *solar input*. Data *PV output* didapatkan dari pembacaan daya yang mampu dikonversi menjadi listrik, sedangkan data *solar input* didapatkan dengan mengalikan luas permukaan modul *array photovoltaic* dengan *irradiance*.

Dari pengambilan data selama dua hari, didapatkan data *output* modul *array photovoltaic* dan *solar input* yang dapat dilihat



pada halaman lampiran. Berikut adalah data yang telah dibuat grafiknya.

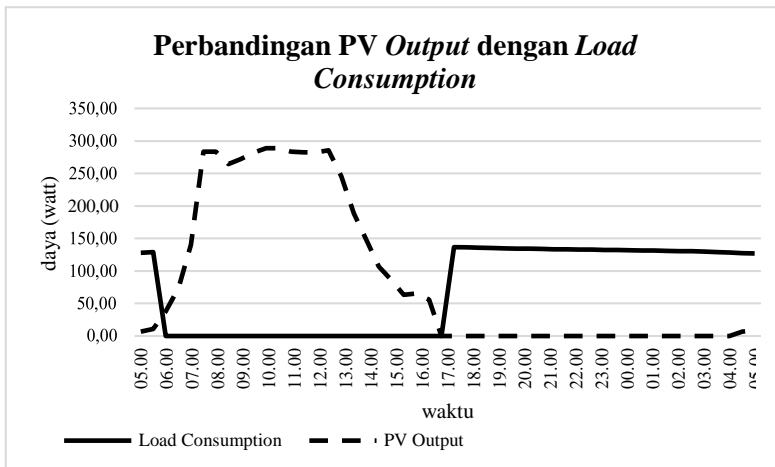


**Gambar 4.20** Grafik Perbandingan Daya Solar Input dengan PV Output

Total *solar input* yang didapatkan pada dua hari pengambilan data adalah sebesar 42802.96 Wh atau 42.8 kWh, dengan *solar input* hari pertama sebesar 20155.73 Wh dan untuk hari ke dua sebesar 22647.23 Wh. Sedangkan total PV *output* total pada dua hari pengambilan data adalah sebesar 4262.97 Wh, dengan PV *output* hari pertama sebesar 2164.16 Wh dan untuk hari ke dua sebesar 2098.80 Wh.

Untuk mendapatkan nilai efisiensi dari modul *array photovoltaic* maka digunakan persamaan 2.3, yaitu dengan membandingkan *solar input* dan PV *output*. Dari grafik perbandingan *solar input* dan PV *output* maka didapatkan efisiensi modul *array photovoltaic* sebesar 10.78%.

Untuk mengetahui presentase kinerja modul PV *array* terhadap beban yang diberikan, dapat dihitung dengan membandingkan antara daya *output* PV dengan konsumsi beban. Berdasarkan data yang diperoleh, perbandingan *supply* daya (PV *output*) dengan konsumsi beban dapat digrafikkan seperti gambar berikut.



**Gambar 4.21** Perbandingan PV *output* dan *Load Consumption*

Dari grafik terlihat bahwa konsumsi beban tidak mengalami fluktuasi. Dari data yang telah didapatkan, diketahui total PV *output* sebesar 2171.83 Wh sedangkan konsumsi beban sebesar 1475.35 Wh maka didapatkan kinerja modul PV *array* sebesar 67.93%. Hal ini memiliki pengertian bahwa PV dapat mensuplai daya ke sistem sebesar 67.93%.

#### 4.5. Performansi *Inverter*

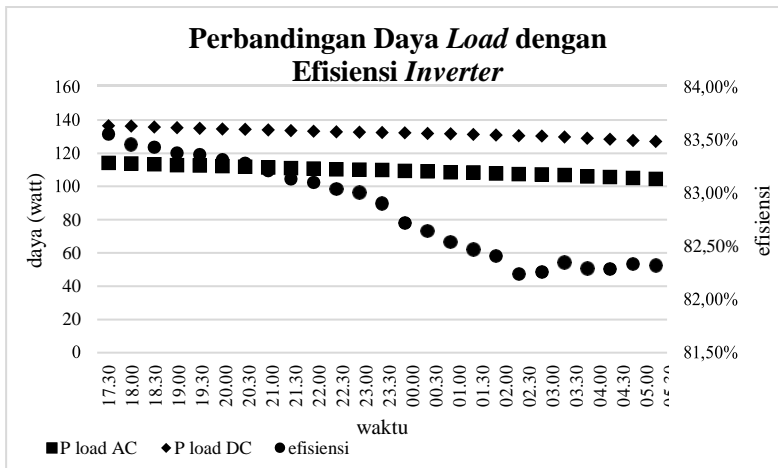
Untuk mengetahui performansi dan efisiensi dari *inverter* maka digunakan data hasil pembacaan daya input *inverter* dan data hasil pembacaan daya *output inverter*. Daya input *inverter* adalah daya DC yang masuk ke *inverter*, sistem *inverter* yang digunakan yaitu jenis *stand-alone off-grid* sehingga daya input *inverter* adalah daya yang didapatkan dari baterai. Daya *output inverter* adalah daya yang digunakan oleh beban untuk beroperasi.

Pada sisi *output* digunakan beban berupa lampu LED sorot. Besar daya nominal adalah 200 watt dari pemasangan parallel 2 buah lampu masing-masing 100 watt. Pada saat pengukuran didapatkan daya yang terukur sebesar 142.6 watt dari perkalian tegangan 230 VAC dan arus 0.62 A. Dengan

mempertimbangkan dari spesifikasi dari beban sendiri, beban yang terpasang termasuk dalam beban *non-linier*, yaitu beban yang memiliki bentuk gelombang keluaran yang mengalami distorsi, dengan kata lain bentuk gelombang arus dan tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya.

Selain itu dengan melihat komponen pada lampu juga terdapat *ballast* elektronik yang berguna untuk menstabilkan arus sehingga meminimalisir penggunaan daya dan mengoptimalkan intensitas cahaya yang dipancarkan. Dengan adanya *ballast* ini menyebabkan beban mempunyai *power factor/pf (cos phi)* yang tinggi. Dengan asumsi beban lampu LED sorot hemat energi mempunyai *pf* sebesar 0.8, maka didapatkan daya nyata untuk konsumsi beban lampu yang ditunjukkan oleh tabel pada lampiran.

Dari data yang diperoleh dapat diketahui grafik daya *output* dan *input inverter* dan perbandingannya dengan efisiensi pada inverter sebagai berikut.



**Gambar 4.22** Grafik Perbandingan Daya Load dengan Efisiensi Inverter

Dari pengambilan data pembebanan dan perhitungan dengan persamaan 2.6 dapat diketahui bahwa efisiensi dari *inverter*

rata-rata adalah 82.84%. Jika dibandingkan dengan spesifikasi pabrik dari *inverter* itu sendiri, *inverter* tersebut memiliki efisiensi maksimum yang di klaim pabrik sebesar 94%. *Inverter* akan mengalami kerusakan jika ada kelebihan beban diluarkemampuan *inverter* untuk memenuhi kebutuhan beban tersebut. Sehingga *inverter* bekerja terlalu keras sehingga dapat memicu kerusakan komponen komponen penyusunnya.

#### 4.6. Performansi Baterai

Untuk mengetahui efisiensi dari baterai, maka digunakanlah perbandingan antara kapasitas saat *charging* dan kapasitas saat *discharging*. Pada siklus operasi PLTS selama 24 jam, maka lama waktu *charging* dan *discharging* adalah sama, yaitu 12 jam *discharge* dan 12 jam *charge* selama beban yang digunakan (lampu) hanya aktif pada malam hari untuk penerangan. Pada saat pengosongan (*discharging*), baterai akan mengeluarkan arus konstan, yaitu sekitar 10.67 A selama daya beban tidak fluktuatif. Apabila *discharge* terjadi selama 12 jam, maka kapasitas *discharge* baterai sebesar 128.04 Ah.

Sedangkan pada saat pengisian (*charging*) yaitu pagi-sore hari, arus *charging* cenderung berubah-ubah tergantung dari *solar charge controller* dapat mengoptimalkan pengisiannya. Selama pengisian, arus *charging* baterai adalah rata-rata sebesar 12.43 A. Maka didapatkan kapasitas *charging* yaitu sebesar 149.2 Ah. Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.4, maka dapat diketahui efisiensi baterai adalah sebesar 86%.

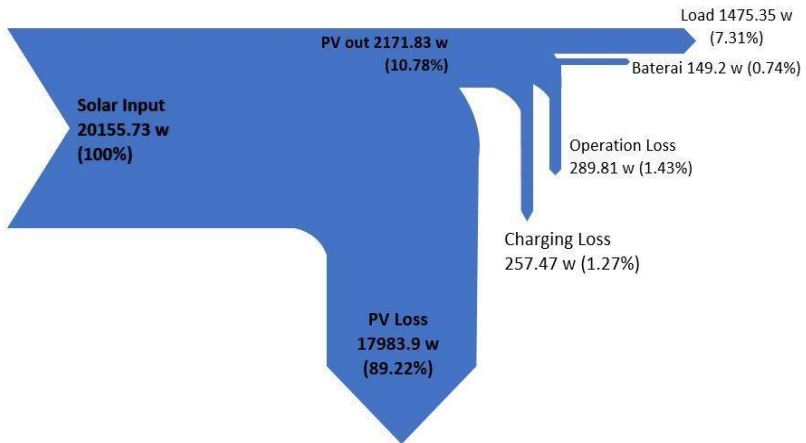
#### 4.7. Performansi Solar Charge Controller

Efisiensi *solar charge controller* didapatkan dari perbandingan daya yang dibangkitkan untuk *charging* dengan daya yang digunakan untuk *charging* ke baterai. Dari data yang didapatkan, diketahui daya yang dibangkitkan untuk *charging* sebesar 1914.36 watt, sedangkan daya yang digunakan oleh *charging* ke baterai sebesar 1688.56 watt, sehingga apabila dihitung dengan rumus pada persamaan 2.5 maka efisiensi *solar charge controller* didapatkan 88%.

#### 4.8. Performansi Sistem PLTS

Untuk mengetahui performansi dari system PLTS, maka perhitungan dilakukan dengan mengalikan seluruh efisiensi dari masing-masing komponen penyusun PLTS. Dari Analisa dan perhitungan, didapatkan efisiensi *array photovoltaic* sebesar 10.78%, efisiensi *inverter* sebesar 82.84%, efisiensi baterai sebesar 86% dan efisiensi *solar charge controller* sebesar 88%. Didapatkan efisiensi total adalah 6.77%.

Data analisa monitoring dapat dibuat diagram Sankey seperti pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.23** Diagram Sankey Hasil Analisa

Dengan diagram Sankey, besar daya yang masuk dan keluar dari sistem dapat dilihat, dari 100% daya masukan yaitu *solar input*, hanya 10,78% saja yang diubah menjadi energi listrik, *loss* daya pada *photovoltaic* adalah 89,22% yang tidak dapat dikoversikan menjadi energi listrik. *Loss* tersebut disebabkan oleh jenis PV yang digunakan yaitu PV jenis Poly-crystalline yang memiliki efisiensi sebesar 14,13 % dan toleransi performa  $\pm 2\%$ . Sedangkan daya *output* yang digunakan oleh beban sebesar 7.31% dan yang tersimpan pada baterai sebesar 0.74% dari total daya

*input*. Sedangkan *loss charging* diketahui sebesar 1.27%, dan *loss* daya pada saat sistem beroperasi sebesar 1.43%.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Analisa data serta pembahasan tentang *monitoring* dan performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Departemen Teknik Fisika ITS telah dilakukan, sehingga dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Telah dilakukan monitoring dan akuisisi data pada PLTS di Departemen Teknik Fisika berbasis mikrokontroller dan Raspberry pi. Data hasil monitoring ditampilkan pada LCD sebagai *interfacenya* dan dikirim ke raspberry pi untuk diunggah ke *website* dan disimpan sebagai *database*.
2. Setelah dilakukan analisa performansi menggunakan data dari datalogger dan irradiansi, didapatkan sistem PLTS memiliki efisiensi total sebesar 6.77% dengan efisiensi *photovoltaic array* sebesar 10.78%, efisiensi *inverter* sebesar 82.84%, efisiensi *solar charge controller* sebesar 88% dan dengan efisiensi baterai adalah 86%. Dari kebutuhan beban untuk tetap beroperasi menggunakan daya dari PLTS, daya yang dihasilkan mampu mencukupi kebutuhan beban untuk beroperasi selama 12 jam.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**



## DAFTAR PUSTAKA

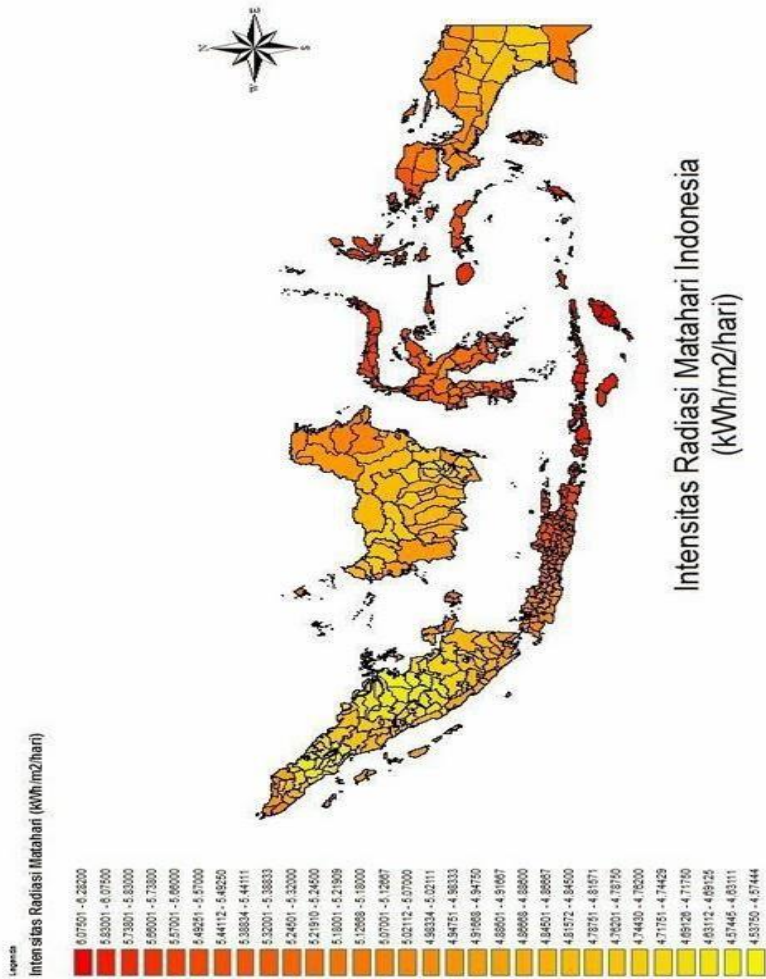
- [1] Dr. Ir. Prabowo, M.Eng., Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T., Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D., Andi Rahmadiansyah, S.T., *”Rancang Bangun Hybrid Power Generation Untuk Charging Station Mobil Sebagai Pengembangan Energi Terbarukan Masa Depan”*, Laporan Akhir Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi. LPPM Institut Teknologi Sepuluh Nopember 2015.
- [2] Rois AR., Dr.Gunawan N, S.T., M.T., Ir. Chayun B, M.Sc, rer.nat. *”Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Tuban Jawa Timur”*, Jurnal Teknik POMITS.
- [3] Arar Hemza, Haouam Abdeslam, Chenni Rachid, Marcel Pasquinelli, Damien Barakel, 2015, *”Tracing Current-Voltage curve of solar panel based on LabView Arduino Interfacing”*, BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ, CİLT: 8, SAYI: 3, EYLÜL 2015.
- [4] E. Radziemska, *”Performance analysis of photovoltaic-thermal integrated system”*, International Journal of Photoenergy 2009 (2009), 732093-732098.
- [5] P. Papageorgas, D. Piromalis, K. Antonakoglou, G. Vokas, D. Tseles and K.G. Arvanitis, 2013, *”Smart Solar Panel : In-Situ Monitoring Of Photovoltaic Panels Based On Wired And Wireless Sensor Network”*, TerraGreen 13 International Conference 2013 - Advancements in Renewable Energy and Clean Environment. Energy Procedia 36 ( 2013 ) 535 – 545.
- [6] Yousry Atia, and Mohamed Zahran, Abdullah Al-Hossain, *”Solar Cell Curves Measurement Based on LabVIEW Microcontroller Interfacing”*, Proceedings of the 12th WSEAS International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation.
- [7] Antoni Szumanowski, Yuhua Chang. *”Battery Management System Based on Battery Nonlinier Dynamic Modeling”*, IEEE

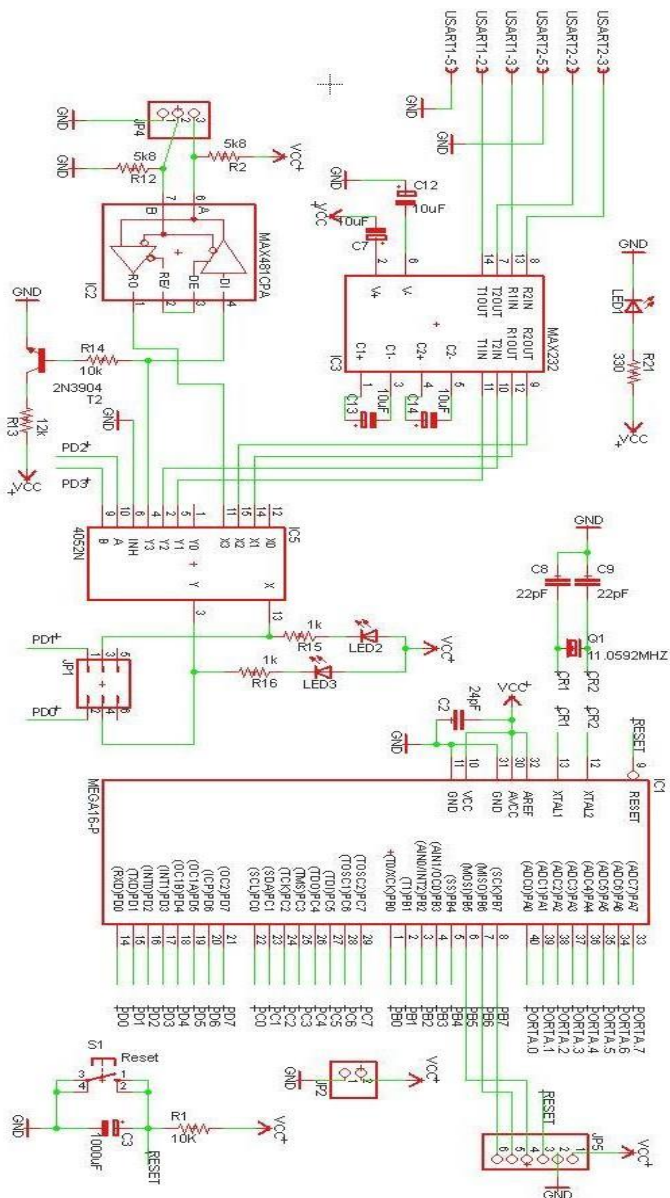
Transaction on Vehicular Technology, Vol. 57, No. 3, May 2008.

- [8] Laurentiu Fara, Dan Craciunescu. “*Output Analysis of Stand-Alone PV System: Modeling, Simulation and Control*”. Sustainable Solution for Energy and Environment, EENVIRO 2016, 26-28 October 2016, Bucharest, Romania.
- [9] Ola Al-Qasem, Jafar Jallad. “*Experimental Characterization of Lead – Acid Storage Batteries used in PV Power Systems*. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering Vol. 3, Issue 4, April 2014.
- [10] Massimo Valentini, Alin Raducu, Jochen Hantschel. ” *PV Inverter Test Setup for European efficiency, Static and Dynamic MPPT Efficiency Evaluation*”.

# LAMPIRAN

## Peta Intensitas Radiasi Matahari di Indonesia





### Data cuaca hasil pengambilan

Time	Irradiance (w/m <sup>2</sup> )		Suhu Lingkungan ©		Kelembaban		Suhu permukaan (C)	
	hari 1	hari 2	hari 1	hari 2	hari 1	hari 2	hari 1	hari 2
5:00:00 AM	0.00	0.00	22	22	98	98	21.36	21.48
5:30:00 AM	0.00	0.00	22	22	97	96	22.21	22.53
6:00:00 AM	0.00	0.00	24	24	94	94	23.15	24.69
6:30:00 AM	21.81	25.23	24	24	93	93	25.47	26.12
7:00:00 AM	144.68	141.35	24	24	93	93	30.28	30.75
7:30:00 AM	218.33	255.54	28	28	87	87	35.96	36.63
8:00:00 AM	258.42	338.07	31	30	67	85	39.94	42.00
8:30:00 AM	310.24	388.93	31	30	67	76	41.75	44.75
9:00:00 AM	364.94	431.15	30	31	66	65	43.69	47.44
9:30:00 AM	408.12	441.83	30	33	66	65	44.94	48.13
10:00:00 AM	440.75	462.82	33	33	64	64	49.31	48.25
10:30:00 AM	467.62	473.37	35	34	61	61	46.38	50.45
11:00:00 AM	488.73	486.81	32	34	63	61	46.06	51.29
11:30:00 AM	421.56	489.69	33	34	59	61	48.29	48.87
12:00:00 PM	458.02	480.09	34	33	58	58	50.50	50.28
12:30:00 PM	413.88	461.66	37	34	53	58	47.13	49.54
1:00:00 PM	391.81	403.32	35	34	54	59	50.73	52.17
1:30:00 PM	321.76	388.93	33	34	54	60	50.38	51.92
2:00:00 PM	264.18	358.22	33	34	55	60	45.62	48.37
2:30:00 PM	254.90	284.33	33	34	59	60	41.75	43.18
3:00:00 PM	221.97	263.22	33	32	59	60	39.94	39.46
3:30:00 PM	93.37	118.99	31	32	58	60	34.63	37.44
4:00:00 PM	7.00	16.71	31	31	62	61	31.37	35.81
4:30:00 PM	0.00	0.00	31	31	67	65	29.56	30.36
5:00:00 PM	0.00	0.00	30	30	70	70	29.31	29.25
5:30:00 PM	0.00	0.00	30	30	75	75	28.87	28.63

### Data pengukuran pada PLTS

time	PV volt (V)	Bat Volt (V)	I pv (A)	I charge (A)	I batt (A)	Apollo (A)
5:00	10	12	0.67	0.00	-8.00	0.00
5:30	16	12.1	0.67	0.00	-8.00	0.00
6:00	19	12.2	2.00	1.33	2.67	1.33
6:30	27.6	12.4	2.67	4.67	2.67	4.67
7:00	30.1	12.6	4.67	9.33	8.00	9.33
7:30	30.4	12.8	9.33	17.33	16.00	17.33
8:00	30.4	12.9	9.33	20.00	16.00	20.00
8:30	30.5	13	8.67	18.67	18.67	18.67
9:00	30.7	13.1	8.87	18.67	17.87	18.67
9:30	30.2	13.4	9.33	19.33	16.00	19.33
10:00	30.96	13.2	9.33	20.00	18.67	20.00
10:30	30.96	13.35	9.33	20.00	18.67	20.00
11:00	30.4	13.4	9.33	19.33	16.00	19.33
11:30	30.3	13.3	9.33	19.33	16.00	19.33
12:00	30.3	13.7	9.33	19.33	18.67	19.33
12:30	30.6	14.1	9.33	18.00	16.00	18.00
13:00	30.7	14	8.00	16.00	13.33	16.00
13:30	31.4	14.1	6.00	12.67	10.67	12.67
14:00	31.8	14.1	4.67	9.33	8.00	9.33
14:30	32	13.7	3.33	6.67	5.33	6.67
15:00	32.3	13.8	2.67	4.67	2.67	4.67
15:30	31.8	13.6	2.00	4.00	2.67	4.00
16:00	32.7	14	2.00	3.33	2.67	3.33
16:30	28	13.6	2.00	3.33	2.67	3.33
17:00	22.3	13	0.00	0.67	2.67	0.67
17:30	10.1	12.8	0.00	0.00	-8.00	0.00
18:00	0	12.78	0.00	0.00	-8.00	0.00
18:30	0	12.73	0.00	0.00	-8.00	0.00
19:00	0	12.69	0.00	0.00	-8.00	0.00
19:30	0	12.66	0.00	0.00	-8.00	0.00

20:00	0	12.62	0.00	0.00	-8.00	0.00
20:30	0	12.59	0.00	0.00	-8.00	0.00
21:00	0	12.56	0.00	0.00	-8.00	0.00
21:30	0	12.52	0.00	0.00	-8.00	0.00
22:00	0	12.49	0.00	0.00	-8.00	0.00
22:30	0	12.46	0.00	0.00	-8.00	0.00
23:00	0	12.44	0.00	0.00	-8.00	0.00
23:30	0	12.42	0.00	0.00	-8.00	0.00
0:00	0	12.4	0.00	0.00	-8.00	0.00
0:30	0	12.37	0.00	0.00	-8.00	0.00
1:00	0	12.34	0.00	0.00	-8.00	0.00
1:30	0	12.31	0.00	0.00	-8.00	0.00
2:00	0	12.27	0.00	0.00	-8.00	0.00
2:30	0	12.24	0.00	0.00	-8.00	0.00
3:00	0	12.21	0.00	0.00	-8.00	0.00
3:30	0	12.16	0.00	0.00	-8.00	0.00
4:00	0	12.09	0.00	0.00	-8.00	0.00
4:30	0	12.03	0.00	0.00	-8.00	0.00
5:00	10	11.96	0.67	0.00	-8.00	0.00
5:30	13	11.91	0.67	0.00	-8.00	0.00
6:00	18	12.2	2.00	1.33	2.67	1.33
6:30	27.1	12.4	2.67	4.67	2.67	4.67
7:00	30	12.6	4.67	9.33	8.00	9.33
7:30	30.4	12.8	9.33	17.33	16.00	17.33
8:00	30.4	12.9	9.33	20.00	16.00	20.00
8:30	30.5	13	8.67	18.67	18.67	18.67
9:00	30.7	13.1	8.87	18.67	17.87	18.67
9:30	30.5	13.2	8.67	18.67	18.67	18.67
10:00	30.7	13.3	9.33	20.00	18.67	20.00
10:30	30.4	13.3	9.33	20.00	18.67	20.00
11:00	30.2	13.5	9.33	18.67	16.00	18.67
11:30	30.5	13.6	10.00	20.00	18.67	20.00
12:00	30.3	14	10.67	19.33	18.67	19.33
12:30	30.6	14	8.00	16.67	16.00	16.67

13:00	31.2	14	7.33	14.67	13.33	14.67
13:30	31.7	14.1	5.33	10.67	8.00	10.67
14:00	32	13.7	3.33	6.67	5.33	6.67
14:30	32.4	13.7	2.67	4.67	2.67	4.67
15:00	32.3	13.5	2.00	4.00	2.67	4.00
15:30	31.8	13.6	2.00	4.00	2.67	4.00
16:00	32.7	14	2.00	3.33	2.67	3.33
16:30	28	13.6	2.00	3.33	2.67	3.33
17:00	22.3	13	0.00	0.67	-2.67	0.67
17:30	10.1	12.8	0.00	0.00	-8.00	0.00

### Data perhitungan

time	Solar Input	PV Out	load DC	load AC
5:00	0.00	6.67	128.00	105.49
5:30	0.00	10.67	129.07	105.21
6:00	0.00	38.00	0.00	0
6:30	147.19	73.60	0.00	0
7:00	976.57	140.47	0.00	0
7:30	1473.70	283.73	0.00	0
8:00	1744.36	283.73	0.00	0
8:30	2094.12	264.33	0.00	0
9:00	2463.33	272.21	0.00	0
9:30	2754.83	281.87	0.00	0
10:00	2975.07	288.96	0.00	0
10:30	3156.42	288.96	0.00	0
11:00	3298.94	283.73	0.00	0
11:30	2845.52	282.80	0.00	0
12:00	3091.64	282.80	0.00	0
12:30	2793.69	285.60	0.00	0
13:00	2644.71	245.60	0.00	0
13:30	2171.86	188.40	0.00	0
14:00	1783.22	148.40	0.00	0



14:30	1720.55	106.67	0.00	0
15:00	1498.28	86.13	0.00	0
15:30	630.23	63.60	0.00	0
16:00	47.26	65.40	0.00	0
16:30	0.00	56.00	0.00	0
17:00	0.00	0.00	0.00	0
17:30	0.00	0.00	136.53	114.08
18:00	0.00	0.00	136.32	113.77
18:30	0.00	0.00	135.79	113.29
19:00	0.00	0.00	135.36	112.86
19:30	0.00	0.00	135.04	112.57
20:00	0.00	0.00	134.61	112.15
20:30	0.00	0.00	134.29	111.84
21:00	0.00	0.00	133.97	111.48
21:30	0.00	0.00	133.55	111.02
22:00	0.00	0.00	133.23	110.71
22:30	0.00	0.00	132.91	110.36
23:00	0.00	0.00	132.69	110.14
23:30	0.00	0.00	132.48	109.83
0:00	0.00	0.00	132.27	109.41
0:30	0.00	0.00	131.95	109.05
1:00	0.00	0.00	131.63	108.65
1:30	0.00	0.00	131.31	108.29
2:00	0.00	0.00	130.88	107.86
2:30	0.00	0.00	130.56	107.37
3:00	0.00	0.00	130.24	107.13
3:30	0.00	0.00	129.71	106.81
4:00	0.00	0.00	128.96	106.12
4:30	0.00	0.00	128.32	105.59
5:00	0.00	6.67	127.57	105.04
5:30	0.00	8.67	127.04	104.58
6:00	0.00	36.00	0.00	0
6:30	170.32	72.27	0.00	0
7:00	954.10	140.00	0.00	0

7:30	1724.93	283.73	0.00	0
8:00	2281.98	283.73	0.00	0
8:30	2625.28	264.33	0.00	0
9:00	2910.29	272.21	0.00	0
9:30	2982.36	264.33	0.00	0
10:00	3124.04	286.53	0.00	0
10:30	3195.28	283.73	0.00	0
11:00	3285.97	281.87	0.00	0
11:30	3305.40	305.00	0.00	0
12:00	3240.62	323.20	0.00	0
12:30	3116.19	244.80	0.00	0
13:00	2722.43	228.80	0.00	0
13:30	2625.28	169.07	0.00	0
14:00	2417.99	106.67	0.00	0
14:30	1919.25	86.40	0.00	0
15:00	1776.73	64.60	0.00	0
15:30	803.21	63.60	0.00	0
16:00	112.80	65.40	0.00	0
16:30	0.00	56.00	0.00	0
17:00	0.00	0.00	0.00	0
17:30	0.00	0.00	136.53	114.27

## **Program CVAVR**

Chip type : ATmega32  
 Program type : Application  
 AVR Core Clock frequency: 11.059200 MHz  
 Memory model : Small  
 External RAM size : 0  
 Data Stack size : 512

\*\*\*\*\*

```

#include <mega32.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <alcd.h>
#include <stdio.h>
  
```

```

#define kiri  PIND.5
#define kanan PIND.4
#define up    PINC.7
#define dw    PINC.6
#define ok    PIND.3
#define batal PIND.2
  
```

```

#define adc_tegpv adc_data[0];
#define adc_arspv adc_data[7];
//#define adc_tegch adc_data[2];
#define adc_arsch adc_data[6];
#define adc_tegbt adc_data[1];
#define adc_arsbt adc_data[5];
  
```

```

unsigned char array;
int i;
int delaykirim=0,menit;
unsigned char frame[30];
unsigned char buffers1[30];
unsigned char buffers2[30];
unsigned char buffers3[30];
  
```

```
unsigned char buffers4[30];
```

```
float s5;
```

```
float s6;
```

```
float s7;
```

```
float s8;
```

```
static int tunggu = 0;
```

```
char buffers5[7];
```

```
char buffers6[7];
```

```
char buffers7[7];
```

```
char buffers8[7];
```

```
char tampil[16];
```

```
int n, t;
```

```
int dt1[30], t1=0, nt1=0, tt1;
```

```
int da1[51], a1=0, na1=0, aa1;
```

```
int dt2[30], t2=0, nt2=0, tt2;
```

```
int da2[51], a2=0, na2=0, aa2;
```

```
int dt3[30], t3=0, nt3=0, tt3;
```

```
int da3[51], a3=0, na3=0, aa3;
```

```
float nilaitt1, nilaiaa1, nilaitt2, nilaiaa2, nilaitt3, nilaiaa3 ;
```

```
#ifndef RXB8
```

```
#define RXB8 1
```

```
#endif
```

```
#ifndef TXB8
```

```
#define TXB8 0
```

```
#endif
```

```
#ifndef UPE
```

```
#define UPE 2
```

```
#endif
```

```

#ifndef DOR
#define DOR 3
#endif

#ifndef FE
#define FE 4
#endif

#ifndef UDRE
#define UDRE 5
#endif

#ifndef RXC
#define RXC 7
#endif

#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<DOR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)

// USART Receiver buffer
#define RX_BUFFER_SIZE 8
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE];

#if RX_BUFFER_SIZE <= 256
unsigned char rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#else
unsigned int rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#endif

// This flag is set on USART Receiver buffer overflow
bit rx_buffer_overflow;

// USART Receiver interrupt service routine

```

```

interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)
{
char status,data;
status=UCSRA;
data=UDR;
if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR |
DATA_OVERRUN))==0)
{
    rx_buffer[rx_wr_index++]=data;
#if RX_BUFFER_SIZE == 256
    // special case for receiver buffer size=256
    if (++rx_counter == 0) rx_buffer_overflow=1;
#else
    if (rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;
    if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
    {
        rx_counter=0;
        rx_buffer_overflow=1;
    }
#endif
}
    if (data=='!')
    {
        array = 0;
    }
    frame[array] = data;
    array++;
    if(frame[0] == '!' && frame[array-1] == ';')
    {
        for (i=0; i<(array-2); i++)
        {
            buffers1[i] = frame[i+1];
        }
    }
    if(frame[0] == '@' && frame[array-1] == ';')
    {

```

```

    for (i=0; i<(array-2); i++)
    {
        buffers2[i] = frame[i+1];
    }
}
if(frame[0] == '#' && frame[array-1] == ';')
{
    for (i=0; i<(array-2); i++)
    {
        buffers3[i] = frame[i+1];
    }
}
if(frame[0] == '$' && frame[array-1] == ';')
{
    for (i=0; i<(array-2); i++)
    {
        buffers4[i] = frame[i+1];
    }
}

}

#ifdef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Get a character from the USART Receiver buffer
#define _ALTERNATE_GETCHAR_
#pragma used+
char getchar(void)
{
    char data;
    while (rx_counter==0);
    data=rx_buffer[rx_rd_index++];
    #if RX_BUFFER_SIZE != 256
    if (rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
    #endif
    #asm("cli")
    --rx_counter;

```

```
#asm("sei")
return data;
}
#pragma used-
#endif
```

```
float adam=1;
```

```
void kirim()
{
```

```
    putchar('a');
    sprintf(buffers1,"%f",adam);
    putchar(buffers1[0]);
    putchar(buffers1[1]);
    putchar(buffers1[2]);
    putchar(buffers1[3]);
    putchar(buffers1[4]);
    putchar(buffers1[5]);
```

```
    putchar('a');
    putchar(buffers1[0]);
    putchar(buffers1[1]);
    putchar(buffers1[2]);
    putchar(buffers1[3]);
    putchar(buffers1[4]);
    putchar(buffers1[5]);
    putchar(buffers1[6]);
    putchar(buffers1[7]);
    putchar(';');
```

```
    putchar('@');
    putchar(buffers2[0]);
    putchar(buffers2[1]);
    putchar(buffers2[2]);
    putchar(buffers2[3]);
```



```
putchar(buffers2[4]);
putchar(buffers2[5]);
putchar(buffers2[6]);
putchar(buffers2[7]);

putchar('#');
putchar(buffers3[0]);
putchar(buffers3[1]);
putchar(buffers3[2]);
putchar(buffers3[3]);
putchar(buffers3[4]);
putchar(buffers3[5]);
putchar(buffers3[6]);
putchar(buffers3[7]);

putchar('$');
putchar(buffers4[0]);
putchar(buffers4[1]);
putchar(buffers4[2]);
putchar(buffers4[3]);
putchar(buffers4[4]);
putchar(buffers4[5]);
putchar(buffers4[6]);
putchar(buffers4[7]);

putchar('b');
sprintf(buffers5,"%f",s5);
putchar(buffers5[0]);
putchar(buffers5[1]);
putchar(buffers5[2]);
putchar(buffers5[3]);
putchar(buffers5[4]);
putchar(buffers5[5]);
// putchar(';');

putchar('c');
```

```

sprintf(buffers6,"%f",s6);
putchar(buffers6[0]);
putchar(buffers6[1]);
putchar(buffers6[2]);
putchar(buffers6[3]);
putchar(buffers6[4]);
putchar(buffers6[5]);
// putchar(';');

```

```

putchar('d');
sprintf(buffers7,"%f",s7);
putchar(buffers7[0]);
putchar(buffers7[1]);
putchar(buffers7[2]);
putchar(buffers7[3]);
putchar(buffers7[4]);
putchar(buffers7[5]);
// putchar(';');

```

```

putchar('e');
sprintf(buffers8,"%f",s8);
putchar(buffers8[0]);
putchar(buffers8[1]);
putchar(buffers8[2]);
putchar(buffers8[3]);
putchar(buffers8[4]);
putchar(buffers8[5]);
// putchar(';');
putchar(' ');
putchar('\n');
}

```

```

// Timer 0 output compare interrupt service routine
interrupt [TIM0_COMP] void timer0_comp_isr(void)
{
// Place your code here

```

```

}

// Timer1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
// Place your code here
TCNT1H=0xD23A >> 8;
TCNT1L=0xD23A & 0xff;
if (tunggu == delaykirim){
    kirim(); //setelah 1 detik increament data
    tunggu = 0;
}
else
    tunggu++;
}

#define FIRST_ADC_INPUT 0
#define LAST_ADC_INPUT 7
unsigned char adc_data[LAST_ADC_INPUT-
FIRST_ADC_INPUT+1];
#define ADC_VREF_TYPE 0x20

interrupt [ADC_INT] void adc_isr(void)
{
static unsigned char input_index=0;
adc_data[input_index]=ADCH;
if (++input_index > (LAST_ADC_INPUT-
FIRST_ADC_INPUT))
    input_index=0;
ADMUX=(FIRST_ADC_INPUT | (ADC_VREF_TYPE &
0xff))+input_index;
delay_us(10);
ADCSRA|=0x40;
}

```

```
// Declare your global variables here
```

```
void menus()
{
    lcd_clear();
    while(1)
    {
        lcd_gotoxy(4,0);
        lcd_putsf("WELCOME\n");
        lcd_gotoxy(2,1);
        lcd_putsf("PLTS TF_ITS");

        if(kanan==0)
        {
            delaykirim+=59;
            menit=delaykirim/60;
            lcd_clear();
            sprintf(tampil,"intrvl %d mnt",menit);
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts(tampil);    delay_ms(400);
        }
        if(kiri==0)
        {
            delaykirim-=60;
            menit=delaykirim/60;
            lcd_clear();
            sprintf(tampil,"intrvl %d mnt",menit);
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts(tampil);    delay_ms(400);
        }

        while(ok==0)
        {
            if(ok!=0)
            {goto menu_utama;}
        }
    }
}
```

```

}

menu_utama:
lcd_clear();
while(1)
{
    if(kanan==0)
    {
        delay_ms(150);
        n++;
        lcd_clear();
        if(n>3)n=0;
    }
    if(kiri==0)
    {
        delay_ms(250);
        n--;
        lcd_clear();
        if(n<0)n=3;
    };
    if(batal==0)
    {
        delay_ms(250);
        goto menu_utama;
    }

    if(n==0)
    {
        delay_ms(50);
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("Ukur PV\n");
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_putsf("< > - + o x");
    }
    if(n==1)
    {

```

```

    delay_ms(50);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Ukur Charge\n");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("< > - + o x");
}
if(n==2)
{
    delay_ms(50);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Ukur Battery\n");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("< > - + o x");
}
if(n==3)
{
    delay_ms(50);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Ukur Load\n");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("< > - + o x");
}

if(ok==0&& n==0)
{
    goto ukurpv;
}

if(ok==0&& n==1)
{
    goto ukurcharge;
}

if(ok==0&& n==2)
{
    goto ukurbatt;
}

```

```

    }

    if(ok==0&& n==3)
    {
        goto ukurload;
    }

    if(batal==0)
    {
        goto menu_utama;
    }
};

ukurpv:lcd_clear();
while(1)
{
    //tegangan pv
    t1++;
    dt1[t1]= adc_tegpv;
    nt1= nt1+dt1[t1];
    if(t1==24)
    {
        nt1=nt1/25; tt1=nt1; t1=0;
    }
    nilaitt1=((tt1*5.0/255)*6.6);

    // arus pv
    a1++;
    da1[a1]=adc_arspv;
    na1=na1+da1[a1];
    if(a1==49)
    {
        na1=na1/50; aa1=na1; a1=0;
    }
    nilaiaa1=((aa1*5.0/255)-2.5)/0.185;    //dengan acs712 5A

```

```

s5 = (float)(nilaitt1 * nilaiaa1);

lcd_gotoxy(0,0);
sprintf(buffer5,"V=%1fV#I=%1fA\n",nilaitt1,nilaiaa1);
lcd_puts(buffer5);

lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(buffer5,"P=%1f Watt",s5);
lcd_puts(buffer5);

if(batal==0)
{ delay_ms(250);
  goto menu_utama;
}

};

ukurcharge:lcd_clear();
while(1)
{
    //tegangan charge = baterai
    t2++;
    dt2[t2]= adc_tegbt;
    nt2= nt2+dt2[t2];
    if(t2==24)
    {
        nt2=nt2/25; tt2=nt2; t2=0;
    }
    nilaitt2=((tt2*5.0/255)*5);

    //arus charge
    a2++;
    da2[a2]=adc_arsch;
    na2=na2+da2[a2];
    if(a2==49)

```



```

{
na2=na2/50; aa2=na2; a2=0;
}
nilaiaa2=((aa2*5.0/255)-2.5)/0.66;    //dengan acs712 30A

s6 = (float)(nilaitt1 * nilaiaa2);

lcd_gotoxy(0,0);
sprintf(buffers6,"V=%.1fV#I=%.1fA\n",nilaitt2,nilaiaa2);
lcd_puts(buffers6);

lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(buffers6,"P=%.1f Watt",s6);
lcd_puts(buffers6);

if(batal==0)
{ delay_ms(250);
  goto menu_utama;
}
};

ukurbatt:lcd_clear();
while(1)
{
//arus batt
a3++;
da3[a3]=adc_arsbt;
na3=na3+da3[a3];
if(a3==49)
{
na3=na3/50; aa3=na3; a3=0;
}
nilaiaa3=((aa3*5.0/255)-2.5)/0.66;    //dengan acs712 30A

s7 = (float)(nilaitt2 * nilaiaa3);

```

```

    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(buffers7,"V=%.1fV#I=%.1fA\n",nilaitt2,nilaiaa3);
    lcd_puts(buffers7);

    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(buffers7,"P=%.1f Watt",s7);
    lcd_puts(buffers7);

    if(batal==0)
    {
        delay_ms(250);
        goto menu_utama;
    }
};

ukurload:lcd_clear();
while(1)
{
    s8 = (float)(nilaitt2 * nilaiaa3);

    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(buffers8,"V=%.1fV#I=%.1fA\n",nilaitt2,nilaiaa3);
    lcd_puts(buffers8);

    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(buffers8,"P=%.1f Watt",s8);
    lcd_puts(buffers8);

    if(batal==0)
    {
        delay_ms(250);
        goto menu_utama;
    }
};

}

```

```
void main(void)
{

PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

PORTD=0xFC;
DDRD=0x00;

TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x96;

TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x05;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0xD2;
OCR1AL=0x3A;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

MCUCR=0x00;
```

```
MCUCSR=0x00;
```

```
TIMSK=0x06;
```

```
UCSRA=0x00;
```

```
UCSRB=0x98;
```

```
USRC=0x86;
```

```
UBRRH=0x00;
```

```
UBRRL=0x47;
```

```
ACSR=0x80;
```

```
SFIOR=0x00;
```

```
ADMUX=FIRST_ADC_INPUT | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
```

```
ADCSRA=0xCC;
```

```
SPCR=0x00;
```

```
TWCR=0x00;
```

```
// Alphanumeric LCD initialization
```

```
// Connections are specified in the
```

```
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD  
menu:
```

```
// RS - PORTC Bit 0
```

```
// RD - PORTC Bit 1
```

```
// EN - PORTC Bit 2
```

```
// D4 - PORTC Bit 3
```

```
// D5 - PORTC Bit 4
```

```
// D6 - PORTC Bit 5
```

```
// D7 - PORTC Bit 6
```

```
// Characters/line: 16
```

```
lcd_init(16);
```

```
// Global enable interrupts
```

```
#asm("sei")
```

```
while (1)
{
    // Place your code here
    menus();
}
}
```

*Halaman ini sengaja dikosongka*

## BIODATA PENULIS



Rusdan Muttaqin atau biasa dipanggil Rusdan, saya adalah anak kedua dari tigabersaudara, lahir di Sukoharjo, 5 Februari 1993. Saya menempuh Pendidikan formal di MIM Pucangan Kartasura, SMPN 9 Surakarta, SMAN 1 Surakarta. Kemudian melanjutkan kuliah di Teknik Elektronika PENS-ITS mahasiswa angkatan 2011, selanjutnya melanjutkan jenjang S1 di Teknik Fisika ITS

angkatan 2014. Saya aktif berorganisasi sejak di bangku SMA salah satunya adalah pencinta alam yang masih saya geluti sampai sekarang. Selain itu saya juga memiliki ketertarikan pada entrepreneur menyebabkan sampai pernah terjun dalam bidang outdoor sporting goods dan adventure travel agent. Ketertarikan saya kepada elektronika, lingkungan dan fisika membawa saya mengambil bidang rekayasa energi dan pengkondisi lingkungan saat menempuh lanjut jenjang di Teknik fisika. Pembaca dapat menghubungi saya melalui [roesway@gmail.com](mailto:roesway@gmail.com).

*Halaman ini sengaja dikosongkan*